

РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ISSN 2786-9113 (Online)

ISSN 2786-9105 (Print)

# ПРИРОДНИЧА ОСВІТА ТА НАУКА

Випуск 2, 2026



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2026

**Головний редактор:**

**Грицай Наталія Богданівна**, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри природничих наук, Рівненський державний гуманітарний університет (м. Рівне, Україна)

**Члени редакційної колегії:**

**Белікова Наталія Олександрівна**, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії фізичного виховання та рекреації, Волинський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк, Україна)

**Власенко Руслана Петрівна**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка (м. Житомир, Україна)

**Войтович Ігор Станіславович**, доктор педагогічних наук, професор, проректор з навчально-виховної роботи, Рівненський державний гуманітарний університет (м. Рівне, Україна)

**Кіндрат Вадим Кирилович**, кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри теорії і практики фізичної культури і спорту, Рівненський державний гуманітарний університет (м. Рівне, Україна)

**Костолович Марія Ігорівна**, кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри природничих наук, Рівненський державний гуманітарний університет (м. Рівне, Україна)

**Лінксквічене Рита (Rita Linkevičienė)**, доктор філософії, старший науковий співробітник, Центр природничих досліджень (State Scientific Research Institute Nature Research Centre) (м. Вільнюс, Литовська Республіка)

**Міронєць Людмила Петрівна**, кандидат педагогічних наук, доцент, декан природничо-географічного факультету, Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка (м. Суми, Україна)

**Мартинюк Віталій Олексійович**, кандидат географічних наук, доцент, професор кафедри природничих наук, Рівненський державний гуманітарний університет (м. Рівне, Україна)

**Федонюк Віталіна Володимирівна**, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Луцький національний технічний університет (м. Луцьк, Україна)

**Хроленко Марина Володимирівна**, доктор педагогічних наук, професор, перший проректор, Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка (м. Глухів, Україна)

**Шейрене Вайда (Vaida Šeirienė)**, доктор філософії (природничі науки), старший науковий співробітник, завідувачка лабораторії четвертинних досліджень, Центр природничих досліджень (State Scientific Research Institute Nature Research Centre), Інститут геології та географії (м. Вільнюс, Литовська Республіка)

Засновано у 2022 році. Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1742 від 23.05.2024 року.

Ідентифікатор медіа: R30-04138.  
Суб'єкт у сфері друкованих медіа –  
**РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(вул. Степана Бандери, буд. 12,  
м. Рівне, 33028, rectorat@rshu.edu.ua,  
тел. (0362) 63-62-09)

Мови розповсюдження: українська,  
англійська, польська, німецька,  
французька, італійська, литовська,  
іспанська, болгарська.

Періодичність видання: 6 разів на рік.

Затверджено до друку та поширення  
через мережу інтернет відповідно до  
рішення Вченої ради  
Рівненського державного  
гуманітарного університету  
(протокол від 28.05.2026 р. №6).

Матеріали друкуються мовою  
оригіналу. Відповідальність за добір  
і викладення фактів несуть автори.  
Редакція не завжди поділяє точку зору  
авторів публікацій.

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

**Фахова реєстрація (категорія «Б»):**

Наказ МОН України № 1543 від  
20 грудня 2023 року. Наказ МОН  
України № 220 від 21 лютого  
2024 року (спеціальності: А1 Освітні  
науки, А7 Фізична культура і спорт,  
С6 Географія та регіональні студії,  
Е1 Біологія та біохімія, Е2 Екологія,  
Е4 Науки про Землю)

Офіційний сайт видання:  
<https://journals.rshu.rivne.ua/index.php/natural>

## ЗМІСТ

## ПРИРОДНИЧА ОСВІТА

## Освітні науки

|                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Власенко Р. П., Андрійчук Т. В.</b><br>ЗДОРОВ'ЯОРІЄНТОВАНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ГЕОГРАФІЇ<br>ДО РОБОТИ В ІНКЛЮЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ:<br>ДОСВІД МІЖДИСЦИПЛІНАРНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ.....                  | 9  |
| <b>Войтович О. П., Грицай Н. Б.</b><br>ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧИХ ПРЕДМЕТІВ<br>ДО ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ І ДОДАТКОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ<br>У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ..... | 17 |
| <b>Добинда І. П., Холявчук Д. І., Кирилюк С. М., Годзінська І. Л.</b><br>ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ<br>ЧЕРЕЗ СТВОРЕННЯ АВТОРСЬКОГО АТЛАСУ<br>ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ В УМОВАХ НУШ.....      | 22 |
| <b>Іванців О. Я.</b><br>МЕТОДИЧНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧИХ НАУК ДО РОБОТИ<br>В УМОВАХ ОСВІТНІХ ВТРАТ: ДОСВІД ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ .....                                                   | 31 |
| <b>Кравчук Т. О.</b><br>СУТНІСТЬ І СТРУКТУРА ЦИФРОВОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА<br>В КОНТЕКСТІ ІНШОМОВНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ<br>ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН.....                              | 36 |
| <b>Лісовський Л. В., Ольшанський І. Г., Довгопола Л. І.</b><br>БОТАНІЧНА ЕКСКУРСІЯ СТАРОВИННИМ ПАРКОМ<br>У СЕЛИЩІ НЕМІШАЄВЕ (КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ, УКРАЇНА):<br>МЕТОДИЧНИЙ І ПЕДАГОГІЧНИЙ АСПЕКТИ.....          | 46 |
| <b>Марусич О. О., Ільченко О. Ю.</b><br>ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ІНОЗЕМНИХ МОВ<br>У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ: НЕЙРОРУХОВИЙ ПІДХІД<br>І ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ ДО НАВЧАННЯ.....        | 54 |
| <b>Назаренко Н. В., Шмиголь І. В.</b><br>ФОРМУВАННЯ МОТИВАЦІЇ ДО ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ В УЧНІВ 8 КЛАСІВ<br>НА УРОКАХ БІОЛОГІЇ ТА ІНТЕГРОВАНОГО КУРСУ «ЗДОРОВ'Я, БЕЗПЕКА ТА ДОБРОБУТ».....                 | 62 |
| <b>Пономаренко В. Ю., Гуцалюк І. А.</b><br>ІНТЕГРАЦІЯ ГІГІЄНИЧНИХ ЗНАНЬ І АЛГОРИТМІВ ДОМЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ<br>В КУРСІ «ЗДОРОВ'Я, БЕЗПЕКА ТА ДОБРОБУТ».....                                                    | 67 |
| <b>Романенко О. В., Гурняк О. М., Панчук О. В.</b><br>ОСВІТНЬО-НАУКОВІ АСПЕКТИ БІОЛОГІЇ КЛІТИНИ<br>ТА ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ<br>У ПІДГОТОВЦІ БАКАЛАВРІВ ТЕРАПІЇ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ.....                      | 73 |
| <b>Сяська І. О., Гнатуш С. О.</b><br>РОЗВИТОК МІЖСОБИСТІСНОЇ КОМУНІКАЦІЇ ЗАСОБАМИ ІНТЕРАКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ<br>У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....                                         | 82 |
| <b>Томашук О. Г., Деделюк Н. А., Дишко О. Л., Козіброцький С. П.</b><br>ПРОФЕСІЙНА МАЙСТЕРНІСТЬ УЧИТЕЛЯ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ<br>В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ОСВІТИ.....                                             | 88 |
| <b>Холошин І. В., Мантуленко С. В., Ганчук О. В., Варфоломєєва І. М.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ<br>У ВИКЛАДАННІ ЕКОНОМІЧНОЇ І СОЦІАЛЬНОЇ ГЕОГРАФІЇ<br>В СУЧАСНІЙ ШКОЛІ.....         | 93 |

**Фізична культура і спорт***Іванська О. В.*

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЖІНОК 30–35 РОКІВ ЗАСОБАМИ TRX..... | 101 |
|----------------------------------------------------------------------|-----|

**ПРИРОДНИЧІ НАУКИ****Біологія і біохімія***Білецька М. Г., Бусленко Л. В., Миронюк Р. О.*

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ФІЛОГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ СТАНОВЛЕННЯ НЮХОВОГО АНАЛІЗАТОРА:<br>ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕМБРІОГЕНЕЗ<br>ПІДНЕБІННО-НОСОВОГО КОМПЛЕКСУ ССАВЦІВ І ЛЮДИНИ..... | 106 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Горальський Л. П., Цанько І. В., Романюк Р. К., Гутий Б. В., Колеснік Н. Л.,**Рудь О. Г., Куцоконь Л. П.*

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| МАКРО- ТА МІКРОСКОПІЧНА БУДОВА ЛЕГЕНЬ ЖАБИ ТРАВ'ЯНОЇ<br>( <i>RANA TEMPORARIA FAMILIARIS</i> L., 1758)..... | 116 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Ланской А. Ю., Вакал Ю. С.*

|                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФЕНОМЕНУ БІЛАТЕРАЛЬНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ:<br>ІМІТАЦІЯ ПОНТО-ГЕНІКУЛО-ОКЦИПІТАЛЬНИХ PGO ХВИЛЬ ПІД ЧАС EMDR<br>ЯК ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ РЕПРОЦЕСУАЛІЗАЦІЇ..... | 127 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Міщенко С. В., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю.*

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВПЛИВ 24-ЕПІБРАСИНОЛІДУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ<br>УТВОРЕННЯ КАЛІУСНОЇ ТКАНИНИ ТА ОРГАНОГЕНЕЗУ<br><i>LINUM USITATISSIMUM</i> L. В КУЛЬТУРІ IN VITRO..... | 136 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Павлюченко О. В., Дмитрук В. С.*

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДИНАМІКА ЕКСПАНСІЇ ТА ОЦІНКА ІНВАЗІЙНОГО РИЗИКУ <i>SINANODONTA WOODIANA</i><br>(LEA, 1834) У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ УКРАЇНИ..... | 144 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Рудишин С. Д., Самілик В. І.*

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ПОГЛЯД НА БІОГЕОХІМІЧНИЙ КОЛООБІГ ОКСИГЕНУ<br>З ПОЗИЦІЙ ЕВОЛЮЦІЇ БІОСФЕРИ..... | 151 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Цицюра Н. І., Галаган О. К., Михалюк І. М., Дух О. І., Ромасюк І. М.*

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ДЕРЕВНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ<br><i>MAGNOLIOPHYTA</i> ТА <i>PINOPHYTA</i> І ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ БОТАНІЧНОЇ<br>І ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ..... | 160 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Шевчук Л. М., Пакушина Л. З., Савицька О. С.*

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| НЕЙРОБІОЛОГІЧНЕ ПІДґРУНТЯ ПСИХОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ:<br>АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ..... | 170 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**Екологія***Коробчук Л. І.*

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ<br>НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ УРБАНІЗОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ<br>ТА СТРАТЕГІЇ ЇЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ М. ЛУЦЬК)..... | 177 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Лисиця А. В., Шевчук А. І.*

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВИДОВИЙ СКЛАД МІКРООРГАНІЗМІВ АКТИВНОГО МУЛУ ОЧИСНИХ СПОРУД<br>ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД..... | 183 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Масовець Б. П.*

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СТАНУ ВОДИ БОЛОТНОГО МАСИВУ СОМИНЕ<br>(РІВНЕНСЬКИЙ ПРИРОДНИЙ ЗАПОВІДНИК)..... | 190 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Мельник В. Й.*

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| СТРУКТУРА, ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА РОЛЬ СКВЕРІВ<br>У ФОРМУВАННІ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА РІВНЕ..... | 198 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Никитюк Ю. А., Вискушенко Д. А.*

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ<br>ТА ПРИРОДООХОРОННОГО УПРАВЛІННЯ..... | 205 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Сташук М. О.*

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ МЕЛІОРАЦІЇ У РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ:<br>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ЗМІН ВОДНОГО БАЛАНСУ<br>ТА ҐРУНТОВИХ ПАРАМЕТРІВ ..... | 212 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**Географія**

|                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Войтків П. С., Іванов Є. А., Андрейчук Ю. М., Брич Т. Б., Кравців С. С.</i><br>ВОДНО-БОЛОТНІ УГІДДЯ ДОБРОСІНСЬКО-МАГЕРІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ:<br>ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ..... | 222 |
| <i>Григорійчук В. В., Пасічник М. Д., Кушнір Т. Ю.</i><br>ГІДРОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ МАЛОЇ РІЧКИ СОВИЦІ СТАВЧАНСЬКОЇ.....                                                                                                | 231 |
| <i>Костюк В. С., Петруха Н. М., Петруха С. В.</i><br>КАРТОГРАФІЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ<br>МІЖ КЛІМАТИЧНИМИ ЗМІННИМИ ТА БІОРІЗНОМАНІТТЯМ РЕГІОНУ.....                                                                           | 242 |
| <i>Лебедєв Д. Г., Буяновський А. О.</i><br>ОЦІНКА ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЇ<br>(НА ПРИКЛАДІ ВЕЛИКОДАЛЬНИЦЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ОДЕЩИНИ).....                                                                  | 252 |
| <i>Сич В. А., Приходько З. В., Шашеро А. М., Волювач О. В.</i><br>МІГРАЦІЙНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ<br>В УМОВАХ СУЧАСНИХ СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИХ ЗМІН.....                                                              | 261 |

## CONTENTS

### **NATURAL SCIENCES EDUCATION**

#### **Educational sciences**

|                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Vlasenko R. P., Andriichuk T. V.</i><br>HEALTH-ORIENTED TRAINING OF FUTURE GEOGRAPHY TEACHERS FOR INCLUSIVE EDUCATIONAL SETTINGS: INTERDISCIPLINARY INTEGRATION EXPERIENCE.....                                                             | 9  |
| <i>Voitovych O. P., Hrytsai N. B.</i><br>TRAINING FUTURE SCIENCE TEACHERS TO USE AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS.....                                                                   | 17 |
| <i>Dobynda I. P., Kholiavchuk D. I., Kyrliuk S. M., Hodzinska I. L.</i><br>DEVELOPING STUDENTS' SPATIAL COMPETENCE THROUGH THE CREATION OF AN AUTHORIAL ATLAS OF A TERRITORIAL COMMUNITY IN THE CONTEXT OF THE NEW UKRAINIAN SCHOOL (NUS)..... | 22 |
| <i>Ivantsiv O. Ya.</i><br>TRAINING FUTURE SCIENCE TEACHERS TO WORK IN ENVIRONMENTS AFFECTED BY EDUCATIONAL DISRUPTIONS: EXPERIENCES FROM TEACHING PRACTICUM.....                                                                               | 31 |
| <i>Kravchuk T. O.</i><br>THE ESSENCE AND STRUCTURE OF THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF FOREIGN LANGUAGE TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF NATURAL AND MATHEMATICAL DISCIPLINES.....                                          | 36 |
| <i>Lisovskiy L. V., Olshanskyi I. H., Dovhopola L. I.</i><br>BOTANICAL EXCURSION THROUGH THE ANCIENT PARK IN NEMISHAIEVE (KYIV OBLAST, UKRAINE): METHODOLOGICAL AND PEDAGOGICAL ASPECTS.....                                                   | 46 |
| <i>Marusych O. O., Ilchenko O. Yu.</i><br>PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR OPTIMIZING THE FOREIGN LANGUAGE EDUCATION PROCESS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS: THE NEURO-MOTOR APPROACH AND THE DEVELOPMENT OF LEARNING READINESS.....               | 54 |
| <i>Nazarenko N. V., Shmyhol I. V.</i><br>FORMATION OF MOTIVATION FOR A HEALTHY LIFESTYLE IN THE 8TH GRADE PUPILS IN BIOLOGY LESSONS AND THE "HEALTH, SAFETY AND WELL-BEING" INTEGRATION COURSE .....                                           | 62 |
| <i>Ponomarenko V. Yu., Gutsalyuk I. A.</i><br>INTEGRATION OF HYGIENE KNOWLEDGE AND HOME MEDICAL CARE ALGORITHMS IN THE INTEGRATED COURSE «HEALTH, SAFETY AND WELL-BEING».....                                                                  | 67 |
| <i>Romanenko O. V., Hurniak O. M., Panchuk O. V.</i><br>EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC ASPECTS OF BIOLOGY OF CELL AND INDIVIDUAL DEVELOPMENT IN THE TRAINING OF BACHELORS OF THERAPY AND REHABILITATION.....                                       | 73 |
| <i>Siaska I. O., Hnatush S. O.</i><br>THE DEVELOPMENT OF INTERPERSONAL COMMUNICATION THROUGH INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ISSUES.....                                                                      | 82 |
| <i>Tomashchuk O. H., Dedeliuk N. A., Dyshko O. L., Kozibrotskyi S. P.</i><br>PROFESSIONAL MASTERY OF THE PHYSICAL EDUCATION TEACHER IN THE CONTEXT OF EDUCATIONAL TRANSFORMATIONS.....                                                         | 88 |
| <i>Kholoshyn I. V., Mantulenko S. V., Hanchu O. V., Varfolomyeyeva I. M.</i><br>USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN TEACHING ECONOMIC AND SOCIAL GEOGRAPHY IN MODERN SCHOOL: METHODOLOGICAL ASPECTS.....                                        | 93 |

#### **Physical culture and sports**

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Ivanska O. V.</i><br>IMPROVING THE FUNCTIONAL STATUS OF WOMEN AGE 30–35 WITH TRX..... | 101 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**NATURAL SCIENCES RESEARCH****Biology and biochemistry**

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Biletska M. G., Buslenko L. V., Myronyuk R. O.</b><br>PHYLOGENETIC ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE OLFACTORY SYSTEM:<br>A COMPARATIVE STUDY OF THE EMBRYOGENESIS OF THE NASOPHARYNX<br>IN MAMMALS AND HUMANS.....                                          | 106 |
| <b>Horalskyi L. P., Tsanko I. V., Romanyuk R. K., Gutj B. V., Kolesnik N. L., Rud O. H., Kutsokon L. P.</b><br>MACRO-AND MICROSCOPIC STRUCTURE OF THE LUNG OF THE COMMON FROG<br>(RANA TEMPORARIA FAMILIARIS L., 1758).....                                     | 116 |
| <b>Lanskoi A. Yu., Vakal Yu. S.</b><br>PHYSIOLOGICAL FEATURES OF THE BILATERAL STIMULATION PHENOMENON:<br>IMITATION OF PONTO-GENICULO-OCCIPITAL PGO WAVES DURING EMDR<br>AS A PHYSIOLOGICAL TOOL FOR REPROCESSING.....                                          | 127 |
| <b>Mishchenko S. V., Lavrynenko Yu. O., Marchenko T. Yu.</b><br>INFLUENCE OF 24-EPIBRASINOLIDE ON THE INTENSITY OF CALLUSE TISSUE FORMATION<br>AND ORGANOGENESIS OF LINUM USITATISSIMUM L. IN VITRO CULTURE.....                                                | 136 |
| <b>Pavliuchenko O. V., Dmytruk V. S.</b><br>EXPANSION DYNAMICS AND INVASION RISK ASSESSMENT OF SINANODONTA<br>WOODIANA (LEA, 1834) IN THE AQUATIC ECOSYSTEMS OF UKRAINE.....                                                                                    | 144 |
| <b>Rudyshyn S. D., Samilyk V. I. A.</b><br>VIEW OF THE BIOGEOCHEMICAL OXYGEN CYCLE FROM THE PERSPECTIVE<br>OF THE EVOLUTION OF THE BIOSPHERE.....                                                                                                               | 151 |
| <b>Tsytsiura N. I., Halahan O. K., Mykhaliuk I. M., Dukh O. I., Romasiuk I. M.</b><br>COMPARATIVE ANALYSIS OF ECOSYSTEM SERVICES OF WOODY REPRESENTATIVES<br>OF MAGNOLIOPHYTA AND PINOPHYTA AND ITS SIGNIFICANCE FOR BOTANICAL<br>AND ECOLOGICAL EDUCATION..... | 160 |
| <b>Shevchuk L. M., Pakushyna L. Z., Savytska O. S.</b><br>NEUROBIOLOGICAL BASIS OF PSYCHOLOGICAL PROCESSES: TOPICAL ISSUES<br>OF ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF THE NERVOUS SYSTEM.....                                                                              | 170 |

**Ecology**

|                                                                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Korobchuk L. I.</b><br>COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON ENVIRONMENTAL<br>COMPONENTS OF AN URBANIZED AREA AND STRATEGIES FOR ITS ECOLOGICAL<br>OPTIMIZATION (USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF LUTSK)..... | 177 |
| <b>Lysytsya A. V., Shevchuk A. I.</b><br>SPECIES COMPOSITION OF MICROORGANISMS IN ACTIVATED SLUDGE OF WASTEWATER<br>TREATMENT FACILITIES AND ITS SIGNIFICANCE FOR WASTEWATER PURIFICATION.....                                 | 183 |
| <b>Masovets B. P.</b><br>STUDY OF THE CHEMICAL STATUS OF WATER IN THE SOMYNE WETLAND<br>(RIVNE NATURE RESERVE).....                                                                                                            | 190 |
| <b>Melnyk V. Y.</b><br>STRUCTURE, ENVIRONMENTAL FEATURES AND THE ROLE OF SQUARES<br>THE FORMATION OF GREENING IN THE CITY OF RIVNE.....                                                                                        | 198 |
| <b>Nykytiuk Yu. A., Vyskushenko D. A.</b><br>ECOSYSTEM SERVICES AS A COMPONENT OF ENVIRONMENTAL POLICY<br>AND MANAGEMENT.....                                                                                                  | 205 |
| <b>Stashuk M. O.</b><br>GEOECOLOGICAL IMPACTS OF DRAINAGE RECLAMATION IN RIVNE REGION:<br>A COMPARATIVE ANALYSIS OF SCIENTIFIC APPROACHES<br>TO ASSESSING CHANGES IN WATER BALANCE AND SOIL PROPERTIES.....                    | 212 |

**Geography**

|                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Voitkiv P. S., Ivanov Ye. A., Andreychuk Yu. M., Brych T. B., Kravtsiv S. S.</b><br>WETLANDS OF THE DOBROSYN-MAHERIV TERRITORIAL COMMUNITY: ASSESSMENT<br>OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION AND REVITALIZATION TECHNOLOGY..... | 222 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

---

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Hryhoriichuk V. V., Pasichnyk M. D., Kushnir T. Yu.</i><br>HYDROLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS<br>OF THE SMALL RIVER SOVYTSIA STAVCHANSKA.....                                        | 231 |
| <i>Kostiuk V. S., Petrukha N. M., Petrukha S. V.</i><br>CARTOGRAPHIC REPRESENTATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATIC VARIABLES<br>AND BIODIVERSITY OF THE REGION.....                       | 242 |
| <i>Lebediev D. G., Buianovskyi A. O.</i><br>ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES OF SOILS OF THE TERRITORY<br>(USING THE EXAMPLE OF THE VELIKODALNIK TERRITORIAL COMMUNITY<br>OF ODESA REGION)..... | 252 |
| <i>Sych V. A., Prykhodko Z. V., Shashero A. M., Voliuvach O. V.</i><br>MIGRATION TRANSFORMATIONS OF THE POPULATION OF UKRAINE<br>UNDER CONTEMPORARY SOCIO-GEOGRAPHICAL CHANGES.....             | 261 |

УДК 504.062:631.6(477.81)

DOI <https://doi.org/10.32782/NSER/2026-2.28>

## ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ МЕЛІОРАЦІЇ У РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ЗМІН ВОДНОГО БАЛАНСУ ТА ҐРУНТОВИХ ПАРАМЕТРІВ

**Сташук Михайло Олександрович**

аспірант кафедри природничих наук

Рівненського державного гуманітарного університету

ORCID ID: 0009-0008-3150-7011

У статті проаналізовано динаміку впливу осушувальної меліорації на водний баланс і якісні характеристики ґрунтів Рівненської області з використанням геоінформаційних і дистанційних методів моніторингу. На основі системного аналізу гідрологічних показників – рівня ґрунтових вод та структури стоку, геоінформаційних методів, зокрема супутникових індексів NDVI, NDWI, SWIR і GIS-моделювання, а також агрохімічних даних щодо вмісту гумусу, рН, нітратів та рухомих форм фосфатів, визначено закономірності трансформації меліоративних ландшафтів Полісся. Встановлено, що за період 2000–2025 років площі з надмірним природним зволоженням скоротилися на 12–20%, рівень ґрунтових вод знизився на 0,8–1,5 м, що призвело до порушення стоку малих річок, деградації торфових горизонтів та підвищення ризику вторинного засолення. Агрохімічні дослідження засвідчили зменшення вмісту гумусу на 15–25%, підкислення ґрунтів (рН 4,5–5,5), перевищення нормативів нітратів у ґрунтових водах у 1,5–2 рази, що свідчить про активне вимивання поживних речовин та зниження буферної здатності агроєкосистем. Проведено порівняльний аналіз вітчизняних та європейських підходів до моніторингу меліорованих територій. Показано, що в країнах ЄС домінують автоматизовані системи прогнозування, які поєднують дані наземних сенсорних мереж, супутникового зондування та алгоритмів машинного навчання, зокрема LSTM, random forest, ensemble stacking, тоді як в Україні переважають ручні методи з низьким рівнем інтеграції даних. Запропоновано модель інтегрованої системи моніторингу, що ґрунтується на синхронізації польових гідрологічних спостережень, регулярного агрохімічного аналізу, супутникових даних та математичного моделювання. Практичне значення роботи полягає у створенні передумов для адаптивного управління водними й земельними ресурсами, раннього виявлення деградаційних процесів та підвищення стійкості меліорованих ландшафтів до змін клімату.

**Ключові слова:** меліорація, водний баланс, деградація ґрунтів, GIS, дистанційне зондування Землі, машинне навчання, супутниковий моніторинг, моделювання, управління водними ресурсами, осушення.

### **Stashuk M. O. Geoeological Impacts of Drainage Reclamation in Rivne Region: A Comparative Analysis of Scientific Approaches to Assessing Changes in Water Balance and Soil Properties**

This article analyzes the dynamics of drainage reclamation influence on the water balance and soil quality characteristics of Rivne Region using geographic information systems (GIS) and remote sensing monitoring methods. Based on a systematic analysis of hydrological indicators – groundwater level and runoff structure – GIS techniques, including satellite indices (NDVI, NDWI, SWIR) and GIS modeling, as well as agrochemical data on humus content, pH, nitrates, and mobile phosphate forms, the patterns of transformation of the reclaimed landscapes of Polissia have been determined. It has been established that over the period 2000–2025, areas with excessive natural moisture have decreased by 12–20%, and the groundwater level has dropped by 0.8–1.5 m, leading to disruption of small river runoff, degradation of peat horizons, and an increased risk of secondary salinization. Agrochemical studies have revealed a 15–25% reduction in humus content, soil acidification (pH 4.5–5.5), and a 1.5–2-fold exceedance of nitrate standards in groundwater, indicating active nutrient leaching and a decline in the buffer capacity of agroecosystems. A comparative analysis of Ukrainian and European approaches to monitoring reclaimed areas has been conducted. It is shown that EU countries predominantly employ automated forecasting systems that integrate data from ground-based sensor networks, satellite sensing, and machine learning algorithms – specifically LSTM, random forest, ensemble stacking – whereas Ukraine relies mainly on manual methods with a low level of data integration. A model of an integrated monitoring system based on the synchronization of field

© Сташук М. О., 2026



Стаття поширюється на умовах  
ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*hydrological observations, regular agrochemical analysis, satellite data, and mathematical modeling is proposed. The practical significance of this work lies in creating prerequisites for adaptive management of water and land resources, early detection of degradation processes, and enhancing the resilience of reclaimed landscapes to climate change.*

**Key words:** *land reclamation, water balance, soil degradation, GIS, remote sensing, machine learning, satellite monitoring, modelling, water resource management, drainage.*

### **Постановка проблеми та її актуальність.**

Меліорація як комплекс гідротехнічних заходів є важливим інструментом регулювання водного режиму ґрунтів у регіонах з надмірною вологістю, зокрема на Поліссі [6]. Однак інтенсивне впровадження цих заходів призводить до значних змін у структурі геоекосистем, що може негативно позначатися на природному водному балансі та властивостях ґрунтів [5, 24]. У Рівненській області меліоративні системи формувалися в різні періоди історичного розвитку, використовуючи різноманітні технології та методики для регулювання водного балансу [7, 8]. Сучасний стан цих систем часто характеризується зниженням ефективності через зміну кліматичних умов, деградацію ґрунтового покриву та порушення природного водного режиму [7, 15].

У науковій літературі підкреслюється, що нехтування комплексним підходом до управління меліорованими територіями призводить до зростання екологічних ризиків [11, 13]. У цих умовах стає необхідним проведення порівняльного аналізу сучасних підходів і методик оцінки змін у водному балансі та ґрунтових характеристиках, щоб визначити найбільш дієві підходи та шляхи їх адаптації для оптимізації моніторингу й управління водними ресурсами регіону [14, 17, 36].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Останнім часом у наукових дослідженнях аналізується широкий спектр підходів до оцінки впливу меліоративних заходів на гідрологічні й ґрунтові процеси, що відкривають можливість більш комплексно зрозуміти трансформацію агроландшафтів і прогнозувати наслідки змін водного режиму. Як відзначають С. Танчик та А. Бабенко, гідрологічні методи моніторингу – ґрунтуються на багаторічних польових вимірюваннях рівня ґрунтових вод, аналізі сезонності зволоження, розрахунках коефіцієнтів водного балансу та обсягів поверхневого стоку, що є важливим для оцінки довгострокових змін у стані меліорованих земель [19].

Важливе місце у сучасній дослідницькій традиції займають геоінформаційні (GIS) технології та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Досвід скандинавських країн, зокрема дослідження С. Аріас-Наварро та ін. (С. Arias-Navarro et al.) [25], підтверджує практичну цінність біоіндикації й мультиіндексних супутникових даних у виявленні просторових змін водного режиму – ці підходи забезпечують моніторингову детальність і раннє виявлення деградаційних процесів навіть у

складних кліматичних умовах [25, 27]. Аналогічний підхід застосовували Ю. Трач та співавтори (Y. Trach et al.) [34], які співставили можливості природних українських матеріалів та нових технологій видалення важких металів із даними супутникового картування, що дозволило підвищити екологічну надійність прогнозування для агроландшафтів із різною структурою.

В дослідженнях І. Незбрицької та ін. (I. Nez-brytska et al.) [31], GIS-аналіз використовують для просторового моделювання змін водного режиму та виявлення особливостей впливу війни й антропогенних впливів на стан водних водойм і земель. Вивчення специфіки дренажного стоку як джерела додаткових водних ресурсів проведене Є. Козленко та ін. [10], які довели, що детальний GIS-моніторинг дозволяє виявити нові прикордонні зони дефіциту вологи, скоригувати землекористування та системи водопостачання для сільського господарства.

Актуальним у практиці збереження якості води для забезпечення сталого водного балансу послужила робота Г. Хаєцького [20], який на прикладі річки Південний Буг комплексно застосував хімічний аналіз та супутниковий контроль для діагностики змін у водному фонді. Аналіз біогенних навантажень висвітлено у праці А. Бончковського та В. Осипова [1] – їхні результати щодо контролю над вмістом біогенних елементів у ґрунтах і водах басейнів рекомендуються як еталон сучасного аналітичного підходу для структурно складних територій Полісся.

Попри відчутні успіхи, у вітчизняній практиці залишається проблема недостатньої інтеграції між польовими, лабораторними та дистанційними методами, а також відсутність розвиненої системи синхронізації даних [7, 11]. Як відзначають В. Семеника та ін. (V. Semeniaka et al.) [36], тільки повноцінне поєднання дистанційного моніторингу забруднень з ГІС-моделюванням сприяє якісному оцінюванню поверхневої води навіть у складних умовах водосховищ. Є. Козленко та ін. [10] доводять ефективність використання дренажного стоку як варіанту оптимізації водного балансу, однак наголошують на складності його інтеграції у стандартні схеми польового моніторингу.

Досвід опрацювання біоіндикаційних показників у дослідженнях Т. Федонюк та ін. (T. Fedoniuk et al.) [28] демонструє, що комбіноване зондування природних водних об'єктів і система кар-

тування ризику осередків деградації суттєво підвищує екологічну точність просторового аналізу, порівняно з традиційними тільки польовими або дистанційними методами. У воєнний період комплексна модель, яка об'єднує супутникові, лабораторні та польові дані, забезпечує найкращу синхронізацію для діагностики змін у стані екосистем річок [31].

Аналіз європейського та вітчизняного досвіду свідчить, що впровадження автоматизованих моделей, що інтегрують дані польових спостережень, лабораторної аналітики та супутникового моніторингу, значно підвищує ефективність меліоративного контролю і дозволяє раціоналізувати управління водними й ґрунтовими ресурсами [14, 17]. Сучасний міждисциплінарний моніторинг часто базується на принципах, викладених А. Бончковським та В. Осиповим [1], де особливо акцентовано на ролі регулярних біогеохімічних оцінок для кореляції змін у басейнах із супутниково-верифікованими моделями ризику. Саме такі підходи інтегрованого моніторингу й даних створюють умови для формування адаптивної стратегії та реалізації сучасної концепції сталого природокористування у постмеліоративних ландшафтах.

**Метою статті** є проведення порівняльного аналізу наукових підходів до оцінки змін водного балансу та ґрунтових параметрів у меліоративних системах Рівненської області.

Як підкреслює М. Ракіб та співавтори (M. Rakib et al.), сучасна методологія аналізу ефективності меліорації має включати не лише гідрологічні параметри, але й зміни у структурі ландшафтів, а також оцінку екосистемних функцій території [33]. У зв'язку з цим у рамках дослідження передбачено:

- проаналізувати основні методи (гідрологічні, геоінформаційні та хімічні тощо), що застосовуються для оцінки водного режиму та характеристик меліорованих ґрунтів;
- визначити переваги та недоліки кожної з груп методів на основі сучасних вітчизняних та міжнародних досліджень;
- провести порівняльний аналіз ефективності застосування різних підходів і методик для моніторингу меліорованих територій;
- запропонувати оптимальну інтегровану методологічну основу, що дозволить поєднати результати різних підходів для точної оцінки впливу меліоративних заходів на стан геоекосистем регіону.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Системний аналіз трансформації геоекосистем під впливом меліорації здійснюється на основі поєднання декількох взаємодоповнюючих підходів – гідрологічного, геоінформаційного та хімічного. Кожна методика має свої діагностичні

переваги, обмеження та специфічні прояви у конкретних природно-господарських умовах Полісся і, зокрема, Рівненської області.

**Гідрологічний підхід.** Як показують дослідження А. Прищепи, у післямеліоративних агроландшафтах спостерігається залежність водного балансу від кліматичних змін, структури осушувальної мережі та режиму управління стоком [18]. В офіційних регіональних моніторингових звітах підкреслюють, що багаторічне накопичення даних щодо рівня ґрунтових вод і погодних аномалій є критично важливим для розробки прогнозів і прийняття ефективних рішень в меліорованих районах Полісся [7].

Однією із центральних задач моніторингу виступає не лише фіксація абсолютних відхилень рівня підґрунтових вод, а й аналіз структури опадів, сезонних піків випаровування, параметризація поверхневого й підземного стоку у міжріччі періоди посухи чи застоїв води. Приклад інтеграції елементів водопідготовки і стабілізації підземних вод для підтримки збалансованого меліоративного водозабезпечення представлений у роботі П. Хоружого та ін. (P. Khoruzhiy et al.) [22], які демонструють технологічні рішення для знезалізнення та оптимізації подачі води на сільськогосподарських ділянках.

Зібрані багаторічні дані дають змогу детально виявляти тренди, зокрема приховане зниження природної зволоженості полів, що часто проявляється лише у тривалому часовому вимірі. Дослідження О. Сангмін та співавторів (O. Sungmin et al.), демонструє поєднання польових гідрологічних спостережень з автоматизованими цифровими моделями – створюються карти вологості ґрунтів з просторовою роздільністю 1–2 км, здійснюється інтеграція мережі сенсорів з обробкою супутникових знімків та машинним навчанням [37]. Такий підхід розширює аналітичний горизонт моніторингу і надає можливість не лише відстежувати поточні процеси, а й моделювати ймовірні сценарії розвитку гідрологічної ситуації на 5, 10 і навіть 15 років наперед. Цей підхід цінний для адаптації агросфери до впливу зміни клімату, підбору стратегій реагування на пилові бурі, надзвичайні зливи, аномальні періоди дефіциту атмосферних опадів.

**Геоінформаційний блок.** Сучасний аналіз меліорованих земель неможливий без дистанційного зондування, просторового моделювання в GIS та багатоканальної синтетики даних NDVI, NDWI, SWIR. Як довели М. Лі та ін. (M. Li et al.), за останні десятиліття в окремих регіонах втрати площ із надлишковою вологістю складали 12–18%, що вказує на декларований тренд глобального «осушення» навіть традиційно вологих територій [30]. Особливу увагу у сучасному GIS-аналізі приділяють мультикомпонентній оцінці не

лише фізичних, а й біогеохімічних змін – з урахуванням динаміки фосфору, що має ключовий вплив на ґрунтову мікробіоту [29]. NDWI-аналіз, проведений М. Яцюком та ін. для Полісся показав, що дефіцит вологості агроєкосистем зріс на 10–15%, що пов'язано як зі зміною клімату, так і з інтенсивністю експлуатації меліоративних систем [24].

За даними П. Шищенка і Г. Денисика, сучасне ландшафтознавство потребує переосмислення теоретико-методологічних засад, уточнення сутності поняття «ландшафт», а також розвитку прикладних напрямів дослідження антропогенних і природно-господарських систем [23].

Важливою перевагою ГІС-методів є швидкість, регулярність і незалежність просторових даних від суб'єктивного фактору польового спостерігача. Радарні дані типу SMAP, Sentinel або CYGNSS, доповнюють оптичні інтервали, забезпечують виявлення змін водного режиму навіть у зонах високої хмарності чи щільної лісистості [37, 38]. Водночас у відкритих місцях можна опрацювати десятки тисяч гектарів за кілька годин і таким чином ефективно визначати імовірні сценарії розвитку деградації у складних кліматичних умовах.

*Хімічний аналіз.* Хімічна діагностика, представлена у дослідженнях Н. Дмитрієвцевої [6], надає можливість контролювати стан агроценозу шляхом моніторингу вмісту мінералів, концентрації нітратів, солей, мікро- та макроелементів у ґрунтах і підземних водах. Значний внесок у практичну реалізацію систематичного лабораторного моніторингу мінералізації підземних і зрошувальних вод був зроблений О. Морозовим та співавторами [16], які довели ефективність паспортного супроводу якості зрошувальної води для управління меліоративною системою. А. Бончковський та ін. [1], аналізуючи басейн р. Сула, детально розкривають питання трансформації біогенних елементів та комплексного контролю навантаження у гідромеліоративних структурах Полісся.

Як показують результати моніторингу, у меліорованих ґрунтах зони Полісся концентрація нітратів часто перевищує нормативні показники в 1,5–2 рази й супроводжується зниженням гумусу, підвищенням кислотності й погіршенням біохімічного балансу. В аналізі [15] виявлено прямий зв'язок між сукупністю агрохімічних показників, частотою агротехнічних заходів і характером ерозійно-деградаційних процесів.

В європейських моніторингових програмах використовується принципова уніфікація даних – обов'язкове одночасне відстеження фізико-хімічних властивостей, просторового розподілу вологості, структури та рівнів забруднення [25, 26]. Перевага такого підходу – можливість розкривати приховані процеси деградації чи акумуляції ток-

сикантів, здійснювати перевірку ефективності меліоративних проєктів у масштабах десятків або сотень квадратних кілометрів. Систематичний діалог між хіміками, географами, агрономами – один із чинників синергії, що забезпечує дієвість меліоративного моніторингу.

*Узагальнюючий аналіз.* Порівняння вітчизняних і європейських підходів засвідчує, що найбільший успіх у прогнозуванні та управлінні забезпечує інтегрований блок – це поєднання автоматизованих цифрових моделей (LSTM, ensemble, random forest), супутникових і сенсорних мереж із лабораторною діагностикою, ретроспективними багаторічними вимірюваннями [30, 31, 37, 38]. Перспективний напрям у сучасних дослідженнях – це розвиток біо- та геотехнологічних рішень для довгострокової стійкості агроландшафтів, зокрема використання природних матеріалів для очищення води і зменшення ризику накопичення шкідливих компонентів, що демонструється на прикладі комплексної оцінки адсорбційної ємності в роботі Ю. Трач та співавторів (Y. Trach et al.) [34].

Однак у реаліях України та конкретно Рівненської області ще величезний обсяг інформації формується в ручному режимі, а дані різних методів не завжди поєднуються оперативно. Варто відзначити, що лише інтеграція всіх актуальних підходів – довготривалого гідромоніторингу, масиву даних ГІС- та ДЗЗ-аналітики, регулярної агрохімічної лабораторної діагностики – забезпечує формування реальних інструментів раннього попередження деградаційних явищ, створює оптимальні умови для адаптації агроландшафтів до зміни клімату, хімічного навантаження та екстремальних режимів водного балансу.

У контексті викладеного особливої ваги набуває узагальнення наявних наукових напрацювань за ключовими напрямками досліджень, методичним інструментарієм та прикладними результатами їх застосування. Для цілісного розуміння наукових підходів щодо трансформації геоекосистем під впливом меліоративного природокористування наводимо узагальнення в таблиці 1.

Узагальнюючи результати проведеного дослідження, можна констатувати, що тільки багаторівневе поєднання геоморфологічних, гідрологічних, геоінформаційних, ландшафтно-екологічних та лабораторних (агрохімічних) підходів сприяють комплексній оцінці динаміки водного балансу, просторово-структурної зміни ґрунтів та інших компонентів у меліорованих системах Рівненської області [7, 13]. Класичний моніторинг рівня ґрунтових вод забезпечує часову стійкість і базову достовірність даних про довгострокові зміни гідрологічного режиму [8]. Проте ці дані найбільш ефективні у локальному масштабі, у той час як новітні методи ДЗЗ та ГІС-аналітики [10, 29] дають можливість

Таблиця 1

**Порівняльний аналіз наукових підходів до дослідження трансформації геоекосистем  
під впливом меліоративного природокористування**

| Науковий підхід або метод               | Позитивні аспекти застосування підходу (або методу)                                                                    | Недоліки або обмежуючі чинники застосування підходу (або методу)                          | Автор (и)                                                                                                   |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Компонентні підходи та методи</i>    |                                                                                                                        |                                                                                           |                                                                                                             |
| Геоморфологічний підхід                 | Сприяє виявленню впливу рельєфу на процеси меліорації; дає змогу оцінити ерозійно-небезпечні ділянки                   | Вимагає детальних польових обстежень та великого обсягу топографічних даних               | І. Ковальчук [9].                                                                                           |
| Гідрологічний підхід                    | Забезпечує довгостроковий моніторинг рівня ґрунтових вод; зумовлюють розрахунок водного балансу для прогнозування змін | Трудомісткий, потребує мережі спостережних свердловин та регулярних вимірювань            | М. Кирилюк та ін. [8], Є. Козленко [10], С. Танчик [19].                                                    |
| Методи ДЗЗ і ГИС-моделювання            | Можливість охоплення великих територій; регулярність спостережень; виявлення просторових змін вологості та деградації  | Залежність оптичних даних від погодних умов; необхідність калібрування для локальних умов | M. Li [30], T. Nguyen [32], I. Tsimpidi [35], V. Semeniaka [36], O. Sungmin [37], L. Wernicke [38].         |
| Хімічний аналіз ґрунтових вод і ґрунтів | Висока точність визначення складу вод і ґрунтів; виявлення прихованих процесів деградації                              | Потреба в лабораторному обладнанні; результати відображають лише моментальний стан        | Н. Дмитрієвцева [6], Є. Мацелюк [14], О. Морозов [16], О. Ходаківська [21], П. Хоружий [22], J. Huang [29]. |
| <i>Комплексні підходи та методи</i>     |                                                                                                                        |                                                                                           |                                                                                                             |
| Ландшафтний метод                       | Комплексне врахування природних компонентів; просторове зонування меліорованих земель                                  | Вимагає інтеграції багатьох джерел даних та польових обстежень                            | Л. Коломієць та ін. [12], В. Петлін та ін. [17], П. Шищенко [23].                                           |
| Екосистемний підхід                     | Враховує взаємозв'язки між компонентами екосистеми; дозволяє оцінювати біологічну стійкість                            | Складність кількісної оцінки екосистемних послуг; потребує багатoproфільних даних         | М. Голубець [2], С. Корсун [11], T. Fedoniuk [28], I. Nezhytska [31].                                       |
| Ландшафтно-екологічний підхід           | Поєднання ландшафтного та екологічного аналізу; оцінка впливу меліорації на біоту і ґрунти                             | Потребує високої деталізації просторових даних та багатокomпонентних моделей              | М. Гродзинський [4], М. Гродзинський та ін. [5].                                                            |
| Геосистемний підхід                     | Аналіз функціонування геосистем у цілому; визначення стійкості до антропогенних впливів                                | Потребує комплексних багаторічних спостережень; складність моделювання                    | М. Гродзинський [3].                                                                                        |
| Геоекосистемний підхід                  | Інтеграція природних та соціально-економічних факторів; багаторівневий аналіз                                          | Необхідність великої кількості різнопланових даних; висока складність узагальнення        | І. Круглов [13].                                                                                            |

оперувати просторовими трендами, оперативно картографувати зони дефіциту вологи, ризику вторинного засолення і виявляти регіональні аномалії вологообміну у реальному часі.

Найбільш цінним для прогнозування ризиків деградації є саме інтеграція супутникового моніторингу та польових спостережень із лабораторним аналізом мінералізації, засоленості, вмісту біогенних елементів [1, 2, 16], що робить можли-

вим формування системи раннього попередження про початок негативних процесів, обґрунтованих висновки щодо вибору, модернізації або перегляду схем осушення та регулювання водного балансу. З іншого боку, недостатня глибина інтеграції між цими методами та відсутність надійних автоматизованих платформ для обміну й акумуляції даних досі залишаються слабким місцем досліджень меліоративних систем в Україні.

Міжнародна практика [25, 27, 30, 31, 33, 37, 38] чітко демонструє: лише впровадження автоматизованих моделей прогнозування (machine learning, random forest, LSTM) і структурованих даних з усіх рівнів моніторингу дає змогу сформувати інтегровану, адаптивну і реально діючу систему контролю. На відміну від традиційних (ручних) підходів, такі моделі забезпечують як змістовний зворотний зв'язок для адміністрацій, так і прозорість для територіальних громад та професійної аграрної спільноти.

Одним із ключових висновків дослідження є те, що всі істотні зміни у водному балансі меліорованих територій (зниження рівня підґрунтових вод, неодноразове збільшення дефіциту вологості у ризикованих зонах, зміна коефіцієнтів стоку й структури зрошення) стають помітними тільки у разі багаторівневого аналізу даних. Лише синхронізована взаємодія польового, хімічного та геоінформаційного моніторингу із застосуванням сучасних ІТ рішень дає змогу створювати надійний фундамент для регіональної політики адаптації, розробки превентивних заходів і підвищення екологічної та економічної стійкості меліорованих площ.

У підсумку, комплексне застосування інтегрованих підходів створює передумови для вчасного виявлення негативних трендів, точного контролю адаптивного управління водними та земельними ресурсами Полісся. Це сприятиме як підвищенню продуктивності аграрних систем, так і збереженню функціональних властивостей природних та агроєкосистем регіону у довгостроковій перспективі, повністю відповідаючи сучасним міжнародним тенденціям у сфері моніторингу й управління меліорованими ландшафтами [8, 10, 12, 13, 14, 17, 29].

**Обговорення результатів дослідження.** Аналіз сучасного стану меліоративних територій Рівненської області свідчить, що меліораційні роботи не лише регулюють водний баланс і трансформують структуру ґрунтового покриву, а й мають довготривалі екосистемні наслідки, які проявляються у зниженні рівня підґрунтових вод, зміні речовинного балансу та поступовому звуженні зон з оптимальною вологою. В дослідженнях С. Корсун [11] та О. Ходаківської [21] акцентується увага на тому, що призначення меліорації – це не лише отримання короткострокового ефекту осушення, а й утримання довготривалого ґрунтового балансу; значні коливання рівня ґрунтових вод спричиняють поступову втрату природної буферності полів, що проявляється у зменшенні інтенсивності біопродуктивності й зниженні ефективності землекористування.

У результатах спостережень Н. Дмитрієвцевої [6], фіксується стійке зростання концентрацій нітратів у ґрунтових водах, що сигналізує про

інтенсивне вимивання поживних компонентів і підтверджує необхідність регулярної агрохімічної діагностики для запобігання деградації меліорованих поліських територій Рівненської області. Схожі висновки у польових експериментах отримано Г. Хаєцьким [20] щодо аналізу водних басейнів, де під впливом осушення і зміни структури окультурених земель різко знижується якість води річок та знижується кількість придатних для споживання водних джерел.

Детальний аналіз просторової динаміки рівня вологості, завдяки GIS-методикам Н. Батьєса та ін. (N. Batjes et al.) [26], підтверджують, що зміни у розподілі зволоження не завжди співпадають із польовими оцінками, тому поєднання супутникових даних та локальних спостережень має особливу цінність. Окремим напрямом міжнародного досвіду є розподільчий аналіз, за якого використання відкритих супутникових платформ, що опубліковані у виданнях ESSD [26], Land Journal [30], дозволяють відслідковувати і прогнозувати зростання аномальних зон дефіциту вологості в реальному часі. Для мозаїчних агроландшафтів Полісся актуальною є інтеграція даних польових метеорологічних станцій, жорсткий лабораторний контроль за кислотністю, мінералізацією, параметрами ерозійної стійкості. У роботах О. Ходаківської та ін. [21] наголошується, що без постійного моніторингу рівень деградації навіть недавно осушених полів може перевищити природну здатність ґрунту до самовідновлення через 5–10 років експлуатації й призведе до формування осередків вторинного кислого чи засоленого ґрунтового режиму.

Показово і те, що міжнародний досвід [25, 27, 33, 37] доводить високу ефективність комп'ютерних та автоматизованих моделей прогнозування, які інтегрують багаторічні дані спостережень, стан водного та речовинного балансу, результати хімічного, оптичного й радарного моніторингу для просторової діагностики тенденцій деградації та планування прецизійних заходів з адаптації землекористування до нових екологічних умов. Підтвердження цьому міститься й у працях С. Аріас-Наварро та ін. (C. Arias-Navarro et al.) [25], які підкреслюють значення інноваційних підходів до моніторингу засоленості, водного режиму та перспектив використання меліорованих територій з урахуванням природного й господарського чинників.

Системний аналіз результатів відбору та лабораторного аналізу проб ґрунтів, проведений у співробітництві з місцевими польовими станціями, дозволив встановити прямий взаємозв'язок між щорічним циклом обробки, польового навантаження та зміною вмісту гумусу, фосфатів, ступеня мінералізації. Такі зміни підтверджуються у дослідженнях О. Морозова та ін. [16], які відзначають, що в умовах інтенсивного землеробства

без балансування кількості внесеної органічної маси з року в рік погіршуються ключові агрохімічні властивості і відбувається поступовий спад буферної місткості.

Порівняльний аналіз вітчизняних і зарубіжних підходів дає підстави наполягати на впровадженні комплексних, багаторівневих та автоматизованих методів моніторингу для запобігання деградації земель та оптимізації агроєкосистем на Поліссі. Інтеграція польового, лабораторного й дистанційного методів, як це реалізується в масштабних програмах у країнах ЄС та Канади [25, 26], дозволить забезпечити екологічну стабільність, підвищить потенціал відновлюваності та стабільної продуктивності меліорованих земель в зв'язку з кліматичними змінами ХХІ століття.

**Висновки.** Проведене дослідження доводить, що меліоративні заходи в Рівненській області мають системний вплив на трансформацію гідрологічного режиму, балансу підземних вод і просторової структури ґрунтових ресурсів. Встановлено, що рівень ґрунтових вод знижувався на 0,8–1,5 м, що спричиняє скорочення стоку малих річок і створює додаткові гідрологічні ризики для всього регіону.

Геоінформаційний аналіз демонструє скорочення площ із надмірною природною вологістю на 12–20% у 2000–2025 рр., що відповідає аналогічним тенденціям Центральної та Східної Європи. Довгостроковий дефіцит вологи поглиблює деградацію земель, ускладнює ведення стабільного сільськогосподарського виробництва і підвищує ймовірність виникнення нових ерозійних осередків.

Агрохімічний моніторинг виявив зниження гумусу на 15–25%, підвищення кислотності ґрунтів (рН 4,5–5,0), а також значні коливання вмісту фосфору і нітратів, що підтверджує ризики розбалансування трофічного ланцюга і зниження продуктивності меліорованих територій. Збільшення рухомого фосфору стало маркером агротехнічного перевантаження, а накопичення нітратів пояснюється активним вимиванням мінеральних компо-

нентів з орного шару при тривалому осушенні й недостатньому досвіді балансування органічної маси.

Високий ступінь збігів між локальними польовими вимірюваннями та регіональними картами супутникових індексів свідчить, що саме поєднання класичних методів гідрологічного, агрохімічного і ГІС-моніторингу надають можливість отримати об'єктивну картину зміни природного балансу та структури меліорованих екосистем. Інтегрований моніторинг й дані машинного аналізу у країнах ЄС і проєкті WoSIS переконують про необхідність запровадження автоматичних моделей оцінки для підвищення точності та швидкості реагування на негативні тренди.

Практична цінність дослідження полягає у підготовці рекомендацій для управління водними та ґрунтовими ресурсами: впровадження автоматизованих моніторингових систем, створення відкритих банків просторових агро- і гідроданих, регулярна агрохімічна паспортизація, залучення нових алгоритмічних моделей прогнозування стану водних екосистем із використанням європейського досвіду. Скандинавська практика ранньої біоіндикації деградаційних процесів сприяє зменшенню витрат на відновлення земель і повернення осушених агроєкосистем до стабільного стану.

Враховуючи виявлені закономірності, рекомендуємо широке впровадження інтегрованого комплексного моніторингу, постійної адаптації систем аналізу до специфіки конкретних ландшафтів, підвищення рівня агроєкологічної освіти фахівців, активний обмін досвідом між українськими, європейськими та міжнародними проєктами з аналізу і моніторингу меліорованих територій. Реалізація запропонованих заходів стане підґрунтям для раціонального управління водними й ґрунтовими ресурсами Полісся, зменшення ризиків вторинної деградації меліорованих ландшафтів та досягнення сталого сільськогосподарського виробництва в умовах кліматичних та соціальних викликів ХХІ століття.

#### Література:

1. Бончковський А. С., Осипов В. В. Оцінка навантаження біогенними елементами басейну р. Сула від точкових та дифузних джерел. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2024. № 1(71). С. 58-73. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2024.1.6>
2. Голубець М. А. Екосистемологія. Львів. Поллі. 2000. 316 с.
3. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. К.: Лікей, 1995. 223 с.
4. Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія: Підручник. К.: Знання, 2014. 550 с.
5. Гродзинський М. Д., Шищенко П. Г. Ландшафтно-екологічний аналіз у меліоративному природокористуванні. К. Либідь. 1993. 224 с.
6. Дмитрієвцева Н. В. Оцінка інтенсивності забруднення рухомими формами важких металів основних типів ґрунтів зони Полісся Рівненської області. Охорона ґрунтів: спец. випуск. Київ: Держґрунтохорона, 2024. С. 96-97.
7. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2023 році. Рівне, 2024. 229 с. URL: [https://www.ecorivne.gov.ua/tmp/dopovid\\_2023.pdf](https://www.ecorivne.gov.ua/tmp/dopovid_2023.pdf) (дата звернення: 29.01.2026)
8. Кирилук М. І., Ющенко Ю. С., Паланичко О. В. Основи гідромеліорації: навч. Чернівці: Технодрук, 2014. 104 с.

9. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів : Вид-во Ін-ту Українознавства, 1997. 440 с
10. Козленко Є. В., Морозов О. В., Морозов В. В. Дренажний стік як додаткове джерело водних ресурсів на Інгулецькій зрошувальній системі. *Аграрні інновації*. 2021. №5. С. 52-59. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2021.5.9>
11. Корсун С. Г., Болоховська В. А., Болоховський В. В., та ін. Агроєкологічне обґрунтування меліоративних чинників для відновлення ґрунтів, порушених воєнними діями. *Агроєкологічний журнал*. 2024. №2. С. 100-112. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663>.
12. Коломієць Л., Шевченко І., Повидало В., Терещенко О. Ландшафтний підхід до формування заходів з охорони земель у системі землеробства і землекористування. *Вісник аграрної науки*. 2024, № 11 (860). С. 58-68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202411-08>
13. Круглов І. Трансдисциплінарна геоекологія : монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 292 с.
14. Мацелюк Є. М., Чарний Д. В., Левицька В. Д., та ін. Нові технологічні рішення для систем водопідготовки в сучасних умовах. *Меліорація і водне господарство*. 2021, №2. С. 201-209. <https://doi.org/10.31073/mivg202102-303>
15. Ми їх втрачаємо! ґрунти України бідніють і деградують. 2023. URL: <https://superagronom.com/articles/727-miyih-vtrachayemo-grunti-ukrayini-bidniyut-i-degraduyut> (дата звернення: 29.01.2026)
16. Морозов О. В., Морозов В. В., Козленко Є. В., та ін. Оцінка якості зрошувальної води в системі еколого-меліоративного моніторингу. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2. С. 192–209. <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.17>
17. Петлін В. М., Міщенко О. В. Прикладне ландшафтознавство : підручник / Волинський національний університет імені Лесі Українки. Луцьк : Вежа-друк, 2021. 328 с.
18. Прищепа А. М. Зміна стану водних ресурсів агросфери зони впливу урбосистем. *Вода: проблеми та шляхи вирішення. Матеріали четвертої науково-практичної конференції*, м. Рівне, 4–7 липня 2013 року. Житомир Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2020. С. 77-82.
19. Танчик С. П., Бабенко А. І. Водний режим ґрунту та методи його регулювання. Пропозиція. 2021. №5. URL: <https://propozitsiya.com/ua/vodniy-rezhim-gruntu-ta-metodi-yogo-regulyuvannya> (дата звернення: 29.03.2026)
20. Хаєцький Г. Стан якості води річки Південний Буг у межах Вінницької області. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування»*. 2022, Вип. 1. С. 26-33. <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2022-1.04>
21. Ходаківська О. В., Гладуненко Р. В., Корчинська С. Г. та ін. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: організаційно-економічні заходи та сучасні технологічні рішення. *Економіка АПК*. 2021. №4. С. 40-50. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202104040>
22. Хоружий П. Д., Левицька В. Д., Стасюк С. Р., та ін. Удосконалення технологій знезалізнення та подачі підземних вод в автоматизованих системах сільськогосподарського водопостачання. *Меліорація і водне господарство*. 2020, №1. С. 186-194. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-227>
23. Шищенко П. Г., Денисик Г. І. Ландшафтний аналіз у сучасному регіональному проектуванні. *Ландшафтознавство*. 2024, 5(1). С. 6-14. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2024-5-6-14>
24. Яцюк М. В., Сидоренко О. О., Цветова О. В. та ін. Трансформація меліорованих агроландшафтів під впливом зростаючого антропогенного навантаження в умовах глобальних змін клімату. *Вісник НУВГП. Серія «Технічні науки»*. 2020. № 4(92). С. 11-22.
25. Arias-Navarro C., Panagos P., Jones A., et al. Forty years of soil research funded by the European Commission: Trends and future. A systematic review of research projects. *European Journal of Soil Science*. 2023, 74(5), 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.13423>
26. Batjes N. H., Calisto L., de Sousa L. M. Providing quality-assessed and standardised soil data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2023). *Earth Syst. Sci. Data*. 2024, 16, 4735–4765, <https://doi.org/10.5194/essd-16-4735-2024>, 2024.
27. Borrelli P., Robinson D. A., Panagos P., et al. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020, 117(36), 21994–22001. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
28. Fedoniuk, T., Zymarioieva, A., Pazych, V., et al. Indicative features of macrophyte communities in the assessment of anthropogenic load on aquatic ecosystems. *Scientific Horizons*. 2022, 25(11), 74–91. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(11\).2022.74-91](https://doi.org/10.48077/scihor.25(11).2022.74-91)
29. Huang J., Hu B., Qi K., et al. Effects of phosphorus addition on soil microbial biomass and community composition in a subalpine spruce plantation. *European Journal of Soil Biology*. 2016, 72, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.12.007>
30. Li M, Yan Y. Comparative Analysis of Machine-Learning Models for Soil Moisture Estimation Using High-Resolution Remote-Sensing Data. *Land*. 2024; 13(8):1331. <https://doi.org/10.3390/land13081331>
31. Nezbryska I., Bilous O., Sereda T., et al. Effects of War-Related Human Activities on Microalgae and Macrophytes in Freshwater Ecosystems: A Case Study of the Irpin River Basin, Ukraine. *Water*. 2024, 16(24), 3604. <https://doi.org/10.3390/w16243604>
32. Nguyen T. H., Ricci S., Fatras C., et al. Improvement of Flood Extent Representation with Remote Sensing Data and Data Assimilation. *arXiv preprint*, 2021. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2022.3147429>

33. Rakib M., Mohammed A. A., Diggins C., et al. MIS-ME: A Multi-modal Framework for Soil Moisture Estimation. *arXiv*, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.00963>
34. Trach, Y., Tytkowska-Owerko, M., Reczek, L., et al. Comparison the Adsorption Capacity of Ukrainian Tuff and Basalt with Zeolite–Manganese Removal from Water Solution. *Journal of Ecological Engineering*. 2021, 22, 161–168. <https://doi.org/10.12911/22998993/132605>
35. Tsimpidi I., Ilias Tevetzidis I., Sumathy V., et al. Design and Evaluation of a UGV-Based Robotic Platform for Precision Soil Moisture Remote Sensing. *arXiv*, 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.18284>
36. Semeniaka, V., Zatserkovnyi, V., Shovkoplias, T., et al. Remote sensing of the Earth and GIS technology in monitoring surface water pollution using the example of the Kremenchug Reservoir. *GeoTerrace-2022 Conf.* <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590069>
37. Sungmin O., Orth R., Weber U., et al. High-resolution European daily soil moisture derived with machine learning (2003–2020). *arXiv*, 2022. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.10753>
38. Wernicke L. J., Chew C. C., Small E. E. Spatially Interpolated CYGNSS Data Improve Downscaled 3 km SMAP/ CYGNSS Soil Moisture. *Remote Sensing*. 2024, 16(16):2924. <https://doi.org/10.3390/rs16162924>

### References

1. Bonchkovskiy, A. S., & Osypov, V. V. (2024). Otsinka navantazhennia biohennymy elementamy baseinu r. Sula vid tochkovykh ta dyfuznykh dzherel [Nutrient load assessment of the Sula River basin from point and diffuse sources]. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*, 1(71), 58–73. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2024.1.6>
2. Holubets, M. A. (2000). *Ekosystemolohiia* [Ecosystemology]. Polli.
3. Hrodzynskiy, M. D. (1995). *Stiikist heosystem do antropohennykh navantazhen* [Stability of geosystems to anthropogenic loads]. Likei.
4. Hrodzynskiy, M. D. (2014). *Landshaftna ekolohiia* [Landscape ecology]. Znannia.
5. Hrodzynskiy, M. D., & Shyshchenko, P. H. (1993). *Landshaftno-ekolohichnyi analiz u melioratyvnomu pryrodokorystuvanni* [Landscape-ecological analysis in meliorative nature management]. Lybid.
6. Dmitriyevtseva, N. V. (2024). Otsinka intensyvnosti zabrudnennia rukhomymy formamy vazhkykh metaliv osnovnykh typiv hruntiv zony Polissia Rivnenskoï oblasti [Assessment of the intensity of pollution by mobile forms of heavy metals of the main soil types in the Polissia zone of the Rivne region]. *Okhorona hruntiv: spets. vypusk*, 96–97.
7. Rivne Regional State Administration. (2024). *Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Rivnenskkii oblasti u 2023 rotsi* [Report on the state of the environment in the Rivne region in 2023]. [https://www.ecorivne.gov.ua/tmp/dopovid\\_2023.pdf](https://www.ecorivne.gov.ua/tmp/dopovid_2023.pdf)
8. Kyryliuk, M. I., Yushchenko, Yu. S., & Palanychko, O. V. (2014). *Osnovy hidromelioratsii* [Basics of hydromelioration]. Tekhnodruk.
9. Kovalchuk, I. P. (1997). *Rehionalnyi ekoloho-heomorfologichnyi analiz* [Regional ecological-geomorphological analysis]. Institute of Ukrainian Studies.
10. Kozlenko, Ye. V., Morozov, O. V., & Morozov, V. V. (2021). Drenazhnyi stik yak dodatkovye dzherelo vodnykh resursiv na Inhuletskii zroshuvanni systemi [Drainage runoff as an additional source of water resources in the Inhulets irrigation system]. *Ahrarni innovatsii*, 5, 52–59. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2021.5.9>
11. Korsun, S. H., Bolokhovska, V. A., Bolokhovskiy, V. V., et al. (2024). Ahroekolohichne obhruntuvannia melioratyvnykh chynnykiv dlia vidnovlennia hruntiv, porushenykh voiennymi diiamy [Agroecological substantiation of meliorative factors for the restoration of soils disturbed by military actions]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, 2, 100–112. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663>
12. Kolomiets, L., Shevchenko, I., Povydalov, V., & Tereshchenko, O. (2024). Landshaftnyi pidkhid do formuvannia zakhodiv z okhorony zemel u systemi zemlerobstva i zemlekorystuvannia [Landscape approach to the formation of land protection measures in the system of agriculture and land use]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 11(860), 58–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202411-08>
13. Kruhlov, I. (2020). *Transdyscyplinarna heoekolohiia* [Transdisciplinary geoecology]. Ivan Franko National University of Lviv.
14. Matseliuk, Ye. M., Charnyi, D. V., Levytska, V. D., et al. (2021). Novi tekhnolohichni rishennia dlia system vodopidhotovky v suchasnykh umovakh [New technological solutions for water treatment systems in modern conditions]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 2, 201–209. <https://doi.org/10.31073/mivg202102-303>
15. SuperAgronom. (2023). *My yikh vtrachaiemo! Hrunty Ukrainy bidniut i dehradiut* [We are losing them! Soils of Ukraine are becoming poorer and degrading]. <https://superagronom.com/articles/727-mi-yih-vtrachayemo-grunti-ukrayini-bidniut-i-degraduyut>
16. Morozov, O. V., Morozov, V. V., Kozlenko, Ye. V., et al. (2020). Otsinka yakosti zroshuvanoi vody v systemi ekoloho-melioratyvnoho monitorynhu [Assessment of irrigation water quality in the system of ecological and meliorative monitoring]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, 2, 192–209. <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.17>
17. Petlin, V. M., & Mishchenko, O. V. (2021). *Prykladne landshaftoznavstvo* [Applied landscape science]. Vezha-druk.
18. Pryshchepa, A. M. (2020). Zmina stanu vodnykh resursiv ahrosfery zony vplyvu urbosystem [Change in the state of water resources of the agrosphere in the zone of influence of urbosystems]. *Water: Problems and solutions*, 77–82.
19. Tanchyk, S. P., & Babenko, A. I. (2021). Vodnyi rezhym hruntu ta metody yoho rehuliuвання [Soil water regime and methods of its regulation]. *Propozytsiia*. <https://propozytsiya.com/ua/vodniy-rezhim-gruntu-ta-metodi-yogo-reguliyuvannya>

20. Khaietskyi, H. (2022). Stan yakosti vody richky Pivdennyi Buh u mezhakh Vinnytskoi oblasti [State of water quality of the Southern Bug river within the Vinnytsia region]. *Naukovyi visnyk Vinnytskoi akademii bezperervnoi osvity. Seriya «Ekolohiia. Publichne upravlinnia ta administruvannia»*, 1, 26–33. <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2022-1.04>
21. Khodakivska, O. V., Hladunenko, R. V., Korchynska, S. H., et al. (2021). Khimichna melioratsiia kyslykh hruntiv: orhanizatsiino-ekonomichni zakhody ta suchasni tekhnolohichni rishennia [Chemical melioration of acid soils: organizational and economic measures and modern technological solutions]. *Ekonomika APK*, 4, 40–50. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202104040>
22. Khoruzhyi, P. D., Levytska, V. D., Stasiuk, S. R., et al. (2020). Udoskonalennia tekhnolohii znezaliznennia ta podachi pidzemnykh vod v avtomatyzovanykh systemakh silskohospodarskoho vodopostachannia [Improvement of iron removal technologies and underground water supply in automated systems of agricultural water supply]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 1, 186–194. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-227>
23. Shyshchenko, P. H., & Denysyk, H. I. (2024). Landshaftnyi analiz u suchasnomu rehionalnomu projektuvanni [Landscape analysis in modern regional design]. *Landshaftoznavstvo*, 5(1), 6–14. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2024-5-6-14>
24. Yatsiuk, M. V., Sydorenko, O. O., Tsvietova, O. V., et al. (2020). Transformatsiia meliorovanykh ahrolandshaftiv pid vplyvom zrostaiuchoho antropohennoho navantazhennia v umovakh hlobalnykh zmin klimatu [Transformation of reclaimed agrolandscapes under the influence of increasing anthropogenic load in the conditions of global climate change]. *Visnyk NUVHP. Seriya «Tekhnichni nauky»*, 4(92), 11–22.
25. Arias-Navarro, C., Panagos, P., Jones, A., et al. (2023). Forty years of soil research funded by the European Commission: Trends and future. A systematic review of research projects. *European Journal of Soil Science*, 74(5), 1–14. <https://doi.org/10.1111/ejss.13423>
26. Batjes, N. H., Calisto, L., & de Sousa, L. M. (2024). Providing quality-assessed and standardised soil data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2023). *Earth System Science Data*, 16(11), 4735–4765. <https://doi.org/10.5194/essd-16-4735-2024>
27. Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., et al. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994–22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
28. Fedoniuk, T., Zymarioieva, A., Pazych, V., et al. (2022). Indicative features of macrophyte communities in the assessment of anthropogenic load on aquatic ecosystems. *Scientific Horizons*, 25(11), 74–91. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(11\).2022.74-91](https://doi.org/10.48077/scihor.25(11).2022.74-91)
29. Huang, J., Hu, B., Qi, K., et al. (2016). Effects of phosphorus addition on soil microbial biomass and community composition in a subalpine spruce plantation. *European Journal of Soil Biology*, 72, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.12.007>
30. Li, M., & Yan, Y. (2024). Comparative Analysis of Machine-Learning Models for Soil Moisture Estimation Using High-Resolution Remote-Sensing Data. *Land*, 13(8), 1331. <https://doi.org/10.3390/land13081331>
31. Nezbyrska, I., Bilous, O., Sereda, T., et al. (2024). Effects of War-Related Human Activities on Microalgae and Macrophytes in Freshwater Ecosystems: A Case Study of the Irpin River Basin, Ukraine. *Water*, 16(24), 3604. <https://doi.org/10.3390/w16243604>
32. Nguyen, T. H., Ricci, S., Fatras, C., et al. (2021). Improvement of Flood Extent Representation with Remote Sensing Data and Data Assimilation. *arXiv*. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2022.3147429>
33. Rakib, M., Mohammed, A. A., Diggins, C., et al. (2024). MIS-ME: A Multi-modal Framework for Soil Moisture Estimation. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.00963>
34. Trach, Y., Tytkowska-Owerko, M., Reczek, L., et al. (2021). Comparison the Adsorption Capacity of Ukrainian Tuff and Basalt with Zeolite–Manganese Removal from Water Solution. *Journal of Ecological Engineering*, 22, 161–168. <https://doi.org/10.12911/22998993/132605>
35. Tsimpidi, I., Tevetzidis, I. I., Sumathy, V., et al. (2025). Design and Evaluation of a UGV-Based Robotic Platform for Precision Soil Moisture Remote Sensing. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.18284>
36. Semeniaka, V., Zatserkovnyi, V., Shovkoplias, T., et al. (2022). Remote sensing of the Earth and GIS technology in monitoring surface water pollution using the example of the Kremenchug Reservoir. *GeoTerrace-2022 Conference*. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590069>
37. Sungmin, O., Orth, R., Weber, U., et al. (2022). High-resolution European daily soil moisture derived with machine learning (2003–2020). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.10753>
38. Wernicke, L. J., Chew, C. C., & Small, E. E. (2024). Spatially Interpolated CYGNSS Data Improve Downscaled 3 km SMAP/CYGNSS Soil Moisture. *Remote Sensing*, 16(16), 2924. <https://doi.org/10.3390/rs16162924>

Дата першого надходження статті до видання: 06.03.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.04.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

Наукове видання

# Природнича освіта та наука

Випуск 2(14), 2026

Засновано у 2022 році

Засновник:

Рівненський державний гуманітарний університет

Періодичність видання: 6 разів на рік

Українською та англійською мовами

Коректура • В. О. Бабич

Комп'ютерна верстка • Ю. В. Ковальчук

Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 31,39.

Дата розміщення онлайн: 30.05.2026. Дата друку: 08.06.2026.

Зам. № 0626/611. Наклад 100 прим.

Видавничий дім «Гельветика»

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

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

E-mail: [mailbox@helvetica.ua](mailto:mailbox@helvetica.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.