



# СТАЛИЙ РОЗВИТОК: ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ. ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Х МІЖНАРОДНИЙ  
МОЛОДІЖНИЙ КОНГРЕС  
27-28 БЕРЕЗНЯ 2025  
УКРАЇНА, ЛЬВІВ

Збірник матеріалів



**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

**X МІЖНАРОДНИЙ МОЛОДІЖНИЙ КОНГРЕС  
27-28 березня 2025, Україна, Львів**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

Київ  
Яроченко Я.В.  
2025



**Національний університет «Львівська політехніка»**  
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги  
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола  
Львівська обласна державна адміністрація  
Обласне методичне об'єднання викладачів екології, біології і хімії  
ВНЗ 1-2 рівнів акредитації  
Horizon Europe, WIDERA – Agri-BioCircular-Hub

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.**

**X МІЖНАРОДНИЙ МОЛОДІЖНИЙ КОНГРЕС**  
27-28 березня 2025, Україна, Львів

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

Київ  
Яроченко Я.В.  
2025

УДК 591.663

С 76

DOI <https://doi.org/10.51500/7826-65-0>



**Організатори VIII Міжнародного молодіжного конгресу:**  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги  
Інститут сталого розвитку ім. В. Чорновола  
Львівська обласна державна адміністрація  
Обласне методичне об'єднання викладачів екології, біології і хімії  
ВНЗ 1-2 рівнів акредитації  
Horizon Europe, WIDERA – Agri-BioCircular-Hub

С 76      **Сталий** розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. X Міжнародний молодіжний конгрес, 27-28 березня 2025, Україна, Львів : Збірник матеріалів — Київ : Яро́ченко Я. В., 2025. — 291 с.: рис., табл., фот. — on-line.

ISBN 978-617-7826-65-0 (on-line)

Збірник матеріалів відображає наукові дослідження авторів у сфері: екології, екологічної та цивільної безпеки, туризму, підприємництва та біржової діяльності. Всі матеріали подано в авторській редакції. Відповідальність за точність поданих фактів, цитат, цифр і прізвищ несуть автори.

**УДК: 591.663**

ISBN 978-617-7826-65-0 (on-line)

© Авторський колектив, 2025  
© НУ «Львівська політехніка», 2025  
© Яро́ченко Я.В., 2025

## **НАУКОВО-ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

Мальований Мирослав  
Гумницький Ярослав  
Волошкіна Олена  
Внукова Наталія  
Війтик Оксана  
Крусір Галина  
Тимочко Тетяна  
Юзвяковскі Криштоф

## **ОРГКОМІТЕТ**

### **Голова:**

Князь Святослав

### **Заступники голови:**

Мальований Мирослав

### **Члени оргкомітету:**

Попович Олена  
Вронська Наталія  
Тимчук Іван  
Венгер Любов  
Мараховська Анастасія  
Слюсар Віра

## ЗМІСТ

### СЕМІНАР 1 «ОХОРОНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ»

|                                                                                                                                                                      | стор |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. <b>ПАВЛЮК М.М., ФЕДОНЮК В.В.</b><br>КОМФОРТНІСТЬ КЛІМАТУ УКРАЇНИ ЗА БІОКЛІМАТИЧНИМ ІНДЕКСОМ В.БОКШІ                                                               | 24   |
| 2. <b>РОМАНЮК Д.О., КОВАЛЬЧУК Б.В., ФЕДОНЮК В.В.</b><br>ВПЛИВ ОСТРОВА ТЕПЛА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РАЙОНІВ ЛУЦЬКА                                                       | 25   |
| 3. <b>ТОЛІСТУШКО А.М., ФЕДОНЮК В.В.</b><br>ДИНАМІКА ХМАРНOSTІ В ЛУЦЬКУ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ                                                                                 | 26   |
| 4. <b>KHILBYSHYN KH.-YA., ROSHAPSKA I.</b><br>SYSTEMIC APPROACH TO IDENTIFYING ENVIRONMENTAL THREATS                                                                 | 27   |
| 5. <b>ROMANIV Ya., KRYVENKO G.</b><br>IMPACT OF OIL AND GAS WELLS ON ATMOSPHERIC AIR DURING OPERATION                                                                | 28   |
| 6. <b>АВДІЄНКО І.А.</b><br>ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУД КАНАЛІЗАЦІЇ                                                          | 29   |
| 7. <b>ХАЦЕЙ А. О., ТРУС І.</b><br>ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВПЛИВІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРКІНГУ МІСТ                              | 30   |
| 8. <b>МІНЯЙЛО Д.О.</b><br>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УЛОВЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЮ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ                                                          | 32   |
| 9. <b>МІКНЕЕВА А.А.</b><br>ASSESSMENT OF POLLUTION OF THE ATMOSPHERIC STORAGE URBOECOSYSTEM of CHERNIVTS IN THE ZONES OF CAR TRANSPORT LOADS AND GENERATOR OPERATION | 33   |
| 10. <b>МАХНЯК А.Я.</b><br>ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ВАЖЛИВИЙ ІНСТРУМЕНТ В ПРОЦЕСІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ                                                  | 34   |
| 11. <b>SLOBODYANYK V., LIKSO V., PERIH V.</b><br>EMISSIONS OF SOLID PARTICLES INTO THE AIR AND THEIR IMPACT ON HUMAN                                                 | 35   |
| 12. <b>ДАНКО Ю.Ю., ВРОНСЬКА Н.Ю.</b><br>ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ                                                        | 36   |
| 13. <b>ТКАЧЕНКО А.С., ВРОНСЬКА Н.Ю.</b><br>ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СТАНЦІЙ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА АНАЛІЗ ДОСТОВІРНОСТІ ОТРИМАННИХ ДАНИХ                     | 37   |
| 14. <b>МОТИЧКА І.Ю., КОЧМАР І.М.</b><br>ПОЖЕЖІ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ                                                                     | 38   |

|     |                                                                                                                                                                                             |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 15. | <b>НЕРУБАЦЬКИЙ В.П, ФАЛЄЄВ Ф.Р., ШАПОВАЛОВА Д.С.</b><br>АНАЛІЗ ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО<br>ТРАНСПОРТУ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ                                             | 39 |
| 16. | <b>МЕЛЬНИК С.В., ГОНЧАРОВА Е.Є.</b><br>ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ<br>ОКСИДАМИ АЗОТУ ПРИ УТВОРЕННІ ОПАДІВ ТА ПОВЕРХНЕВИХ<br>СТІЧНИХ ВОД                                   | 40 |
| 17. | <b>МАЛИЧКОВИЧ Х.Л., ОДНОРИГ З.С.</b><br>СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕНOSTІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ<br>ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ: АНАЛІЗ МОНИТОРИНГОВИХ ДАНИХ                                                 | 41 |
| 18. | <b>ТОПІЛЬНИЦЬКА Л.І., РУСИН І.Б.</b><br>ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ БІОДИЗЕЛЮ                                                                                                      | 42 |
| 19. | <b>ЛОМАЗОВ П. К., ПАВЛИЧЕНКО А. В.</b><br>ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕН-<br>НЯ АТМОСФЕРИ НА БАЗІ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ                                        | 43 |
| 20. | <b>ЖМУД В.</b><br>ПОВІТРЯ ЯК ВАЛЮТА МАЙБУТНЬОГО: ЧИ ЗМОЖЕМО МИ<br>КУПУВАТИ ЧИСТЕ ДИХАННЯ?                                                                                                   | 44 |
| 21. | <b>ЛЕЩЕНКО М.Є., ПОДОРОЖКО К.Д.</b><br>АНАЛІЗ ХІМІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ АТМОСФЕРИ ПІД ЧАС ВІЙНИ<br>ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДЗЗ ТА ЇХ ОСАДЖЕННЯ В<br>АГРОЛАНДШАФТАХ                                  | 45 |
| 22. | <b>НЕЧИПОРУК Т. А., РУСИН І. Б.</b><br>СТРАТОСФЕРНА АЕРОЗОЛЬНА ГЕОІНЖЕНЕРІЯ: МОЖЛИВОСТІ ТА<br>РИЗИКИ                                                                                        | 46 |
| 23. | <b>ГЛУХОВЕЦЬКИЙ Я.В., ПЕТРУШКА І.М, МУШИНСЬКИЙ В.О.,<br/>ГОРЕЦЬКИЙ Я.М.,</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ДИФУЗІЇ ПИЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ<br>ПІДПРИЄМСТВАМИ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ                  | 47 |
| 24. | <b>ДУБІЛЬ І.П., ВЕНГЕР Л.О.</b><br>ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА<br>ДОВКІЛЛЯ                                                                                                | 48 |
| 25. | <b>ГАНЯК О.І., ПОПОВИЧ О.Р</b><br>ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ВНАСЛІДОК<br>ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ                                                                                         | 49 |
| 26. | <b>ШЕСТОПАЛ А.С., РАДОМСЬКА М.М.</b><br>АНАЛІЗ ВІДПОВІДНОСТІ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ АТМОСФЕРНОГО<br>ПОВІТРЯ ПРИНЦИПАМ СТАЛОГО РОЗВИТКУ                                                            | 50 |
| 27. | <b>ГОЛУБ Т.С., МОЛЧАНОВ Л.С.</b><br>ТЕРМОЛІЗ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ НАПРЯМОК ЗНИЖЕННЯ<br>ВИКИДІВ CO <sub>2</sub> В МЕТАЛУРГІЇ                                                                    | 51 |
| 28. | <b>ГОЛУБ Т.С., МОЛЧАНОВ Л.С., СЕМИКІН С.І.</b><br>ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КИСНЕВО-<br>КОНВЕРТНОЇ ПЛАВКИ З ВЕРХНЬОЮ ПРОДУВКОЮ ЗА РАХУНОК<br>ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВАЦІЇ КИСНЕВОГО ПОТОКУ | 52 |
| 29. | <b>ПЕТРУШКА І.М., ЛАЦИК Н.В.</b><br>АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В ЗОНІ ВПЛИВУ ЦЕМЕНТНОГО<br>ВИРОБНИЦТВА                                                                                      | 53 |

|     |                                                                                                                                                                                                |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 30. | <b>ШЕЛЕМЕЙ Н.Є., ПЕТРУШКА К.І.</b><br>АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ                                                                                                       | 54 |
| 31. | <b>КОРОЛЕВИЧ Н.М., ПЕТРУШКА К.І.</b><br>ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА АТМОСФЕРУ                                                                                                                         | 55 |
| 32. | <b>КРАЙНІК Ю.М.</b><br>ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТАХ СХІДНОЇ ЄВРОПИ В<br>КОНТЕКСТІ ЗМІН КЛІМАТУ: ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ                                                             | 56 |
| 33. | <b>ЄВТУШЕНКО Н.С., ТВЕРДОХЛІБОВА Н.Є.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ<br>ПРОМИСЛОВОСТІ НА АТМОСФЕРУ                                                                        | 57 |
| 34. | <b>ШАБАН М.</b><br>ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ                                                                                                                                  | 58 |
| 35. | <b>ГРИГОР'ЄВ К.В.</b><br>МОДЕЛЮВАННЯ ДОЗОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД<br>РАДІОАКТИВНИХ ВИКИДІВ ПРИ УПРАВЛІННІ РАДІАЦІЙНО-<br>ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ТЕРИТОРІЙ                                           | 59 |
| 36. | <b>СВІТЛИК О.Р., ВРОНСЬКА Н.Ю.</b><br>ВПЛИВ ВИРУБКИ ЛІСІВ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ У ЛЬВІВСЬКІЙ<br>ОБЛАСТІ                                                                                            | 61 |
| 37. | <b>КАЛИНОВИЧ С.Р., ЛЮТА О.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b><br>ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АЕРОВАНОЇ ЛАГУНИ<br>ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ «МОЛОДИХ» ТА «СТАРИХ» ФІЛЬТРАТИВ<br>ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ | 62 |
| 38. | <b>САГАЙДАК А.А., ЛЮТА О.В.</b><br>ВПЛИВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ<br>СЕРЕДОВИЩЕ                                                                                                | 63 |
| 39. | <b>ЧЕРНЕНКО Д.</b><br>РОЗРОБЛЕННЯ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРО-<br>МАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ                                                                          | 64 |
| 40. | <b>ТЕЛЕШОВА Х.О. МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СТРИЙЩИНИ                                                                                                                          | 65 |
| 41. | <b>МИКИТИН Д.М.</b><br>ВПЛИВ АТМОСФЕРНОГО ОСАДЖЕННЯ ІОНІВ СУЛЬФАТІВ (VI) ТА<br>ФОСФАТІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ГМІНИ СЛУПСЬК                                                                      | 66 |
| 42. | <b>ГРИГОРУС А.В., ЛЮТА О.В.</b><br>ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА МІСТА                                                                                                                                 | 67 |

**СЕМІНАР 2**  
**«ОХОРОНА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА»**

|     |                                                                                                                                             |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 43. | <b>ПІСКУНОВ Д. Д., ТОПЧИЙ А.С.</b><br>GOOGLE EARTH ENGINE ЯК ІНСТРУМЕНТ АНАЛІЗУ ВОДНИХ<br>РЕСУРСІВ                                          | 69 |
| 44. | <b>КУЦАХ Р., ХІРІВСЬКИЙ П.Р.</b><br>ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДИ РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ ТА ОСНОВНІ<br>АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ                      | 70 |
| 45. | <b>СИРОЇЖКА І.О.</b><br>РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ БПЛА ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО<br>МОНІТОРИНГУ РІЧОК І ОЗЕР                                    | 71 |
| 46. | <b>БЕЗЛЮБЧЕНКО О. С., ПШЕНИЧНИЙ Р. В.</b><br>ОХОРОНА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ,<br>ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ               | 72 |
| 47. | <b>СИСОЄВА Ю.І., ЛАВРИНЮК З.В.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ПІМ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ В-НАФТОЛОВОГО<br>ОРАНЖЕВОГО ІЗ ПРИРОДНИХ ТА СТІЧНИХ ВОД                | 73 |
| 48. | <b>КАТУНІН Д.О., ГРИГОРОВ А.Б.</b><br>ТЕХНОЛОГІЧНА ПЕРЕРОБКА ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ЯК ФАКТОР<br>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ              | 74 |
| 49. | <b>ХАМДОШ І.Н., ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО І.Ю.</b><br>ВПЛИВ УРБАНІЗАЦІЇ НА МАКРОФІТНУ РОСЛИННІСТЬ ВОДОЙМ<br>ПОЛЬЩІ ТА УКРАЇНИ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ | 75 |
| 50. | <b>ВЕЛИЧКО С. Д.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА<br>ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ                               | 76 |
| 51. | <b>БЛАЖІВСЬКА О. Я.</b><br>СТАН МАСИВІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РАТИ                                                                        | 77 |
| 52. | <b>ПАДАЛЮК Д.П., ЛАВРИНЮК З.В.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БІОВУГІЛЛЯ ЯК<br>СОРБЕНТА ПЕСТИЦИДІВ                                  | 78 |
| 53. | <b>КРИХОВЕЦЬ О.В., ГАРАСИМИШИН В.Г.</b><br>УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ – ДОСВІД ЄС ДЛЯ УКРАЇНИ                                             | 79 |
| 54. | <b>ZNIETSOV S.I., VENHER O.O., IVKINA Y.S.</b><br>TREATMENT OF INDUSTRIAL ALKALINE WASTEWATER                                               | 80 |
| 55. | <b>ХРОМ'ЯК У.В., ВОРОБЕЦЬ М.А.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ М.<br>ВИННИКИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ                       | 81 |
| 56. | <b>DYCHKO A. O., MINAIEVA Y. Y.</b><br>BIODESTRUCTIVE PROCESSES OF ACTIVE SLUDGE IN<br>WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS                         | 82 |
| 57. | <b>KASIYANCHUK D.V., OLEKSIUK I.I.</b><br>REMOTE SENSING-BASED MODELING FOR WATER TREATMENT<br>FACILITY LOCATION IN CHMIELNIK, POLAND       | 83 |

|     |                                                                                                                                                                       |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 58. | <b>КОБАЛЬ Б.Б. ШОЛЬЦ Р.С.</b><br>ГІДРОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПОТРЕБ МОНІТОРИНГУ<br>ТА УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ<br>ОБЛАСТІ                       | 84 |
| 59. | <b>МІХЄЄВА А.А.</b><br>ОЦІНКА СУЧАСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ КЛОКУЧКА                                                                                             | 85 |
| 60. | <b>ШЕРСТЮК Д. М., ІЛЬСЕНКО Т.В.</b><br>НАСЛІДКИ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ                                                                              | 86 |
| 61. | <b>ШТЕФАН С.О., БАБЕНКО В.М.</b><br>МОНІТОРИНГ ПРІСНОВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА СХОДІ УКРАЇНИ В<br>УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНИХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ                                      | 87 |
| 62. | <b>ДЖАМ О.А.</b><br>МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД<br>Р. ЗАХІДНИЙ БУГ                                                                                  | 88 |
| 63. | <b>КІЛЯР М.А. МАЦАК А.О.</b><br>ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ФАРМАКОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ АТ<br>«ГАЛИЧФАРМ» НА СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ                                                | 89 |
| 64. | <b>КОТ І.Т.</b><br>СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОХОРОНИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА                                                                                                      | 90 |
| 65. | <b>БАБУШКІНА А.М.</b><br>ОХОРОНА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА                                                                                                                   | 91 |
| 66. | <b>КОГУТ Р.Я., ОДНОРІГ З.С.</b><br>ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЛЬВІВСЬКОЇ<br>ОБЛАСТІ                                                                       | 92 |
| 67. | <b>КОВАЛІВ Ю.В.</b><br>БІОСОБЕНТИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДИ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ<br>КУКУРУДЗИ                                                                                    | 93 |
| 68. | <b>ВОВК А. В., ФЕДОНЮК М. А.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ІНДЕКСІВ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ<br>СУПУТНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ВОДНОСТІ ТЕРИТОРІЇ ВОЛИНСЬКОЇ<br>ОБЛАСТІ                 | 94 |
| 69. | <b>ПОПАДЮК А.І., РОМАНЮК Л.М.</b><br>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ У ЛЬВОВІ ТА<br>ОБЛАСТІ                                                                    | 95 |
| 70. | <b>ДЖАМ О.А., НАЗАРУК Ю.Г.</b><br>МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД<br>Р. САПАЛАЇВКА                                                                      | 96 |
| 71. | <b>ЛИННИК Д.О., ГРИЦУЛЯК Г.М., КОЦЮБИНСЬКИЙ А.О.</b><br>ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НАФТОПРОДУКТАМИ                                                                   | 97 |
| 72. | <b>ГОСТЄВА Д.В., ТРОХИМЕНКО Г.Г.</b><br>КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ЇХ МОЖЛИВИЙ ВПЛИВ НА ВОДНУ<br>БЕЗПЕКУ МІСТА МИКОЛАЄВА                                                     | 98 |
| 73. | <b>ФІЛОНЕНКО Д. А.</b><br>КОЛИВАННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ<br>ТКАНИНАХ І ОРГАНАХ РИБ ЯК ПОКАЗНИК СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ<br>ВОДНОГО СЕРЕДИВИЩА МІКОТОКСИНАМИ | 99 |

|     |                                                                                                                                                                             |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 74. | <b>ПОДОЛЯН А.С., МАРЦЕНЮК Д.Ю., ВАСИЛІНИЧ Т.М.</b><br>ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ХРОМУ (III) ПРИРОДНИМИ<br>АДСОРБЕНТАМИ                                                 | 100 |
| 75. | <b>БАСЮК Т.О.</b><br>ВПЛИВ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН<br>ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ                                                                                | 101 |
| 76. | <b>СОХАЦЬКА Х.Ю., ЧЕБАН Б.А., ХУДА Л.В., ЧЕБАН Л.М.</b><br>ПОТЕНЦІАЛ ЦІАНОБАКТЕРІЙ РОДУ NOSTOC У БІОДЕГРАДАЦІЇ<br>ЗАБРУДНЕНЬ ВОДИ БІСФЕНОЛОМ А                              | 102 |
| 77. | <b>МОСКАЛЮК Н.В., КРАВЕЦЬ М.Я.</b><br>ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ                                                                                  | 103 |
| 78. | <b>ВЕСЕЛОВСЬКИЙ Д.М., МАКАРОВА О.В.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДНИХ<br>ЕКОСИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЇХ РАДІОЄМНОСТІ                                       | 104 |
| 79. | <b>ТИМЧУК В.С., МАЛЬОВАНІЙ М.С., СЕРЕДА А.С.</b><br>АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПОЛЬОВІ ВИПРОБУВАННЯ СУБСТРАТІВ НА<br>ОСНОВІ КОМПОСТИВ ІЗ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД                             | 105 |
| 80. | <b>НАГУРСЬКИЙ О.А., БРАНОВСЬКИЙ М.В.</b><br>ПРОБЛЕМИ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ<br>ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ                                                      | 106 |
| 81. | <b>СОВА Л. О., ХЛОБИСТОВ Є.В., КАРАМУШКА В.І.</b><br>ФОРМУВАННЯ ПІОНЕРНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ В КАР'ЄРАХ ПІСЛЯ<br>ПРИПИНЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ                                           | 107 |
| 82. | <b>КОВАЛЬЧУК В.Р., ВРОНСЬКА Н.Ю.</b><br>КЛАСИФІКАЦІЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ СЛУП'І<br>ЗА ВМІСТОМ РЕФОРМОВАНИХ ТА ОКИСЛЕНИХ ФОРМ АЗОТУ:<br>ПРОБЛЕМИ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ | 108 |
| 83. | <b>ОСТАПЕНКО В.В.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ВОДЯНИХ РОСЛИН У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ<br>РАДІАЦІЙНОЇ ЄМНОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ                                                                 | 109 |
| 84. | <b>МАКСИМЮК А.Б., ПОПОВИЧ О.Р.</b><br>РІЧКА ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИБЕРЕЖНИХ МОРСЬКИХ<br>ВОД МІКРОПЛАСТИКОМ                                                               | 110 |
| 85. | <b>ТРЕТЯК С. Ю., ПОПОВИЧ О. Р.</b><br>МІКРОПЛАСТИК У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ БАЛТІЙСЬКОГО МОРЯ                                                                                    | 111 |
| 86. | <b>ТЕРНОВЕЦЬКА Х. В.</b><br>СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗА ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У<br>БАСЕЙНІ Р. ЗУБРА                                                                             | 112 |
| 87. | <b>ЯНЧУК В.О., ПОПОВИЧ О.Р.</b><br>ПРОБЛЕМИ МЕЛПОРАТИВНОЇ СИСТЕМИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ                                                                                        | 113 |
| 88. | <b>КОБРИН П.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b><br>ГІДРООЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛЬВОВА                                                                                                        | 114 |
| 89. | <b>САВРІЙ Н.В. , ЛЮТА О. В.</b><br>ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД                                                                                                                      | 115 |
| 90. | <b>РЕФЦЬО М.А., ТИМЧУК І.С.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПІДПРИЄМСТВ НА ПРИКЛАДІ ТзДВ<br>«ГАЛ-КАТ»                                                                            | 116 |

**СЕМІНАР 3**  
**«СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»**

|      |                                                                                                                                                |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 91.  | <b>ГАРМАШ К. Ю.</b><br>ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ GOOGLE COLAB ДЛЯ МОНІТОРИНГУ<br>СТАНУ ЛІСНИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНИ                                    | 118 |
| 92.  | <b>HOEPEL I.</b><br>IMPACT OF ARTISANAL SMALL-SCALE GOLD MINING ON CARBON<br>STORAGE AND FOREST RECOVERY IN SURINAME                           | 119 |
| 93.  | <b>ВЕНГЕР Я. А., ДЯЧОК В.В.</b><br>ВПЛИВ КІБЕРАТАК НА ДОВКІЛЛЯ                                                                                 | 120 |
| 94.  | <b>БОРОВИК П.М., УДОВЕНКО І.О., ШЕМЯКІН М.В.,<br/>ПРОКОПЕНКО Н.А.</b><br>АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВІТЧИЗНЯНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ                     | 121 |
| 95.  | <b>ПАРАХНЕНКО В. Г.</b><br>НЕОЕКОЛОГІЯ ЯК НАУКА ПРО АДАПТАЦІЮ ПРИРОДНИХ<br>ЕКОСИСТЕМ ДО ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ                              | 122 |
| 96.  | <b>ПАРАХНЕНКО В. Г.</b><br>ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЕКОСИСТЕМИ:<br>РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ                                          | 123 |
| 97.  | <b>ГОРДІЄНКО Д.О., ГРИГОРОВ А.Б.</b><br>РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА – ОСНОВА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ<br>ЕНЕРГОРЕСУРСІВ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ | 124 |
| 98.  | <b>РИВАК П.М., КАРПА І.І., КОЛЯДА Д.Ю., ЗВАРИЧ А.Р.</b><br>РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ В ТЕХНОЛОГІЇ ОФСЕТНОГО ДРУКУ<br>ЗІ ЗВОЛОЖЕННЯМ             | 125 |
| 99.  | <b>БРОВКО К.Ю., ВІНОКУРОВА Н.Д.</b><br>ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНО<br>БЕЗПЕЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРИРОДОВИКОРИСТАННЯ    | 126 |
| 100. | <b>БРОВКО К.Ю., ВОЙТЕНКО С.М.</b><br>ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ<br>СИСТЕМ ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ                       | 127 |
| 101. | <b>БРОВКО К.Ю., ІЛЬЧУК Д.В.</b><br>ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ<br>СТІЙКОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМ                                   | 128 |
| 102. | <b>РЕПЕТА В.Б., ДУФАНЕЦЬ М.Є., ВОЙЦІХОВСЬКИЙ О.П.</b><br>ВСТАНОВЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО РЕЖИМУ<br>СУБЛІМАЦІЙНОГО ДРУКУ НА ТКАНИНАХ             | 129 |
| 103. | <b>ГЕРАСИМЕНКО Д.О.</b><br>ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ДИЗАЙН                                                                         | 131 |
| 104. | <b>ЧИЧЕРСЬКА А.Р., САЛАМАХА І.Ю.</b><br>СТАЛИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В<br>УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ                              | 132 |
| 105. | <b>МАЦ А.Д., МІТРСОВА О.П.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ<br>ЯК ПОКАЗНИКА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН                          | 133 |

|      |                                                                                                                                                                                                          |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 106. | <b>СТЕЦЯК Л.І., ХЛІБИШИН Ю.Я.</b><br>МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ ЯК<br>ВІДНОВЛЮВАНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ                                                                                      | 134 |
| 107. | <b>СТЕЦЯК Л.І.</b><br>ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ<br>БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА СТАНДАРТАМИ ЄС                                                                                     | 135 |
| 108. | <b>КРИВЕНКО О. В., ЧЕРНОВА О.Т.</b><br>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ<br>СКРАПЛЕНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ                                                                                | 136 |
| 109. | <b>ЛОПОТИЧ Н.Я., КНІГИНЬКА Н.І., ВЕРХОЛА Г.Б.</b><br>ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕОРГАНІЗАЦІЇ<br>ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ М. ТЕРНОПІЛЬ.                                           | 137 |
| 110. | <b>ЛОПОТИЧ Н.Я., ХЕМІЙ Д.А</b><br>ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ НА СТАН<br>ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МІСТА ДУБНО З РОЗРОБКОЮ ЗАХОДІВ<br>ЩОДО ЇЇ ОПТИМІЗАЦІЇ                                             | 138 |
| 111. | <b>ЯВОРСЬКИЙ В.Є., БЕРЕЗЮК О.В.</b><br>ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ<br>МОДЕЛІ РОБОТИ ГІДРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ЗАВАНТАЖЕННЯ<br>ТПВ У СМІТТЄВОЗ ІЗ УРАХУВАННЯМ ЗНОСУ ГІДРОЦИЛІНДРА         | 139 |
| 112. | <b>ІВАНОВА І.М., ШАБАЛІН Б.Г.</b><br>БЕНТОНІТОВІ ГЛИНИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АТОМНОЇ<br>ЕНЕРГЕТИКИ                                                                                                        | 140 |
| 113. | <b>ГАРБУЗ Є.С., БЕРЕЗЮК О.В.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ<br>РОБОТИ ГІДРОПРИВОДІВ НАВІСНОГО ПІДМІТАЛЬНОГО<br>ОБЛАДНАННЯ СМІТТЄВОЗА ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ ЗНОСУ<br>ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ | 141 |
| 114. | <b>ЧЕРВІНКА Х.О., РЕПЕТА В.Б.,</b><br>ТЕНДЕНЦІЇ ТА МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ<br>ПОЛІГРАФІЧНИХ ВІДХОДІВ                                                                                            | 142 |
| 115. | <b>НАЛИВАЙКО А.Є.</b><br>СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-<br>ТЕРИТОРІАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕЗИНСЬКОГО НПП З<br>РЕКРЕАЦІЙНОЮ МЕТОЮ                                                                       | 143 |
| 116. | <b>КУКУРА Т.Ю., ВАРХОЛЯК В.І., РЕПЕТА В.Б.</b><br>МОДЕЛЬ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ<br>ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ АНІЛОКСІВ ФАБОВОГО АПАРАТУ                                                            | 144 |
| 117. | <b>АЛЕКСЕЄВ А.С., БЕРЕЗЮК О.В.</b><br>НЕОБХІДНІСТЬ УРАХУВАННЯ ЗНОСУ ГІДРОЦИЛІНДРА ДЛЯ<br>ПОБУДОВИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ<br>ГІДРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ УЩІЛЬНЕННЯ ТПВ У СМІТТЄВОЗІ         | 145 |
| 118. | <b>ШУЛИПА Р.І., САВЧУК Л.А.</b><br>ОЦІНКА СТАНУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ У ЗВІРІВСЬКОМУ ЛІСНИЦТВІ<br>ТА НАПРЯМИ ЙОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ                                                                                   | 146 |
| 119. | <b>ГОЛЕМБОВСЬКА Н.В.</b><br>HERMETIA ILLUCENS У ПЕРЕРОБЦІ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ:<br>БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ                                                                        | 147 |

|      |                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 120. | <b>САКУН А.О., КУТКОВИЙ Д.О., ПАЩЕНКО П.С.</b><br>ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ: ВТРАТА ВИДІВ<br>ТА ПОРУШЕННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ                                                                                      | 148 |
| 121. | <b>БОДАЧІВСЬКА Л.Ю.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕЗОВАНИХ СПОЛУК З БІОЛІПІДІВ В<br>КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ                                                                                                                           | 149 |
| 122. | <b>ШЕПЛОВ Д.О., ЛЕТУНОВСЬКА Н.Є.</b><br>ТЕНДЕНЦІЇ МАРКЕТИНГУ В ПРОСУВАННІ ПРОЄКТІВ У СФЕРІ<br>ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: ДОСВІД КРАЇН ЄС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ<br>УКРАЇНИ                                                                    | 150 |
| 123. | <b>БОНДАР К.О., ВОЛОШИНА Н.О., МІСЕЦЬКА Л.О.,<br/>МІСЕЦЬКИЙ А.С., ЯЦКАНИЧ І. І.</b><br>ОЦІНКА СТАНУ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ<br>ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ                                                                   | 151 |
| 124. | <b>СТАТКЕВИЧ О.І., ГОЛЕМБОВСЬКА Н.В., ІСРАЕЛЯН В.М.,<br/>СТАТКЕВИЧ А.О.</b><br>СПЕЦИФІКА ЛАБОРАТОРНОГО РОЗВЕДЕННЯ САПРОФАГА<br>ЧОРНОЇ ЛЬВИНКИ HERMETIA ILLUCENS L. (DIPTERA:<br>STRATIOMYIDAE) ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ   | 152 |
| 125. | <b>СМІЧИК З.О., ЦЬОСЬ О.О.</b><br>ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДЕГРАДАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ ПІД ДІЄЮ<br>МІКРООРГАНІЗМІВ                                                                                                                               | 153 |
| 126. | <b>ГАЙДУЧОК О.Г., ГУРЖІЙ О.Г.</b><br>ПЕРМАНГАНАТ НАТРІЮ У ВОДОПІДГОТОВЦІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ І<br>БЕЗПЕКА                                                                                                                                | 154 |
| 127. | <b>ГУБА О.В., СУХАНОВА С.В., НЕПОШИВАЙЛЕНКО Н.О.</b><br>ОЦІНКА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ НА<br>ПРИКЛАДІ МІСТА КАМ'ЯНСЬКЕ                                                                                              | 155 |
| 128. | <b>ТВЕРДОХЛЄБОВА Н.Є., ЄВТУШЕНКО Н.Є.</b><br>ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА НЕБЕЗПЕК ПРИ РОБОТІ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ<br>ВІДХОДАМИ                                                                                                                     | 156 |
| 129. | <b>ЦИБА А.М., КРИВОМАЗ Т.І.</b><br>ВРАХУВАННЯ ESG КРИТЕРІЇВ В ПРОЦЕСІ ВІДБУДОВИ І<br>РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ                                                                                                                 | 157 |
| 130. | <b>ГАМОЦЬКИЙ Р.О., КРИВОМАЗ Т.І.</b><br>ДОСВІД ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ<br>ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ                                                                                                   | 158 |
| 131. | <b>КРИВОМАЗ Т.І., КАЛИСЬ О.В.</b><br>ВПЛИВ ESG ПОКАЗНИКІВ НА ІНВЕСТИЦІЙНІ РІШЕННЯ                                                                                                                                                  | 159 |
| 132. | <b>БУХКАЛО С.І., ЯКИМЕНКО-ТЕРЕЩЕНКО Н.В., ІГЛІН С.П.,<br/>ЗІПУННІКОВ М.М., КРАВЧЕНКО В.О., БОНДАРЕВСЬКА О.Ю.,<br/>ПИРОГОВА В.О.</b><br>КОМПЛЕКСНЕ ІГРОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ<br>ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ФУНКЦІЯМИ НТД | 160 |
| 133. | <b>КУЧЕРА Я.Й., БАБАДЖАНОВА О.Ф., КУЧЕРА Р.Я., ГУЛЬКО О.М.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ГІПСОВІСНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА<br>ГІПСУ                                                                                                       | 161 |

|      |                                                                                                                                                                    |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 134. | <b>КУЧЕРА Я.Й., БАБАДЖАНОВА О.Ф., КУЧЕРА Р.Я., ГУЛЬКО О.М.</b><br>УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРУ І КАУСТИЧНОЇ СОДИ                                          | 162 |
| 135. | <b>ВАСІЛЬЄВ Д.П., ІЛЬЄНКО Т.В.</b><br>ПОКРАЩЕНИЙ ІНДЕКС ЗАБУДОВИ В МОНІТОРИНГУ МІСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ: ПОРІВНЯННЯ З NDBI ТА UI                                 | 163 |
| 136. | <b>РАБАН О.Ю., ЛАВРИНЮК З.В.</b><br>ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА АКТИВНІСТЬ БАКТЕРІЙ<br>SPHINGOMONAS, STREPTOMYCES, MICROCOCCUS І BACILLUS У ҐРУНТІ                         | 164 |
| 137. | <b>СЛОБОДЯНИК В., ДІДЕНКО І.</b><br>ЦИФРОВІ ВІДХОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ГІГІЄНА: ЯК УНИКНУТИ ЗАЙВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОСИСТЕМУ                                        | 165 |
| 138. | <b>ГУДЗЕВИЧ Л.С., ГАВРИЛЮК Ю. Ю., КРАЙНІК Ю.М.</b><br>ГЛОБАЛЬНІ Й РЕГІОНАЛЬНІ ВИКЛИКИ ДОВКІЛЛЮ ТА ЗАХОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ                         | 166 |
| 139. | <b>MORSKYI V.I., SHEVCHENKO R.V, LUKASH O.V.</b><br>NEGATIVE AND POSITIVE CONSEQUENCES OF THE INVASIVE SPECIES SPREAD IN THE CHERNIHIV CITY FOREST PARKS (UKRAINE) | 167 |
| 140. | <b>ШЕВЧЕНКО Р.В., АРАВІН М.А., ЛУКАШ О.В.</b><br>ІСКАЛИ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЛІСОПАРКОВІ ЕКОСИСТЕМИ МІСТА ЧЕРНІГОВА (УКРАЇНА)                   | 168 |
| 141. | <b>СЕЛЕЗНЬОВ Р.В., БУХКАЛО С.І.</b><br>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА АЛГОРИТМАМИ ДІЇ                                 | 169 |
| 142. | <b>ЗЕМЕЛЬКО М.Л., БУХКАЛО С.І., КОВАЛЬЧУК В.М.</b><br>ВІД ТРАДИЦІЙ ДО ІННОВАЦІЙ: СУЧАСНІ ТРЕНДИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗА ДОСЛІДЖЕННЯМИ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ                  | 170 |
| 143. | <b>ЛИЖНЮК О.П., МИХАЙЛОВСЬКА О.В., БУХКАЛО С.І., АГЕЙЧЕВА О.О.</b><br>АЛГОРИТМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КИСЛОТНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА       | 171 |
| 144. | <b>ДЖАМ О.А., БЕГАЛЬ В.С., ЖДАНЮК Б.С.</b><br>ЛІСОЗАХИСТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСІВ ФІЛІЇ “КАМІНЬ-КАШИРСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО” ДП “ЛІСИ УКРАЇНИ”                       | 172 |
| 145. | <b>БАРАБАШ О. В., ВОЗНЮК Я. Ю., ВОЗНЮК А. Ю.</b><br>ЗАСТОСУВАННЯ ERP СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ДІЄВОСТІ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВ                     | 173 |
| 146. | <b>ЛУЦАН М. М., GERMANOVICH O. M.</b><br>ВТРАТИ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ В УМОВАХ ВІЙНИ: НАСЛІДКИ ТА ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ                                                  | 174 |
| 147. | <b>АРТИСЮК Ю.В., GERMANOVICH O. M.</b><br>ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ                                                                             | 175 |
| 148. | <b>МІЩУК М. Д.</b><br>ВПЛИВ ТПВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я                                                                                                            | 176 |
| 149. | <b>ЗАВИТІЙ І.Є., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b><br>ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ                                                                                                | 177 |

|      |                                                                                                                                                                                    |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 150. | <b>IVANITSKA Y., IEVSTAFIEVA I.</b><br>WAYS TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACT OF LIVESTOCK WASTE<br>ON THE ENVIRONMENT                                                                 | 178 |
| 151. | <b>NAUMOVYCH S., IEVSTAFIEVA I.</b><br>ON THE ISSUE OF THE NEGATIVE IMPACT OF LIVESTOCK FARM<br>WASTE ON THE ENVIRONMENT                                                           | 179 |
| 152. | <b>TAREKEGN T., ROUBIK H.</b><br>MICROORGANISMS IN ANAEROBIC DIGESTION AS AN ANCHOR<br>FOR THE CIRCULAR ECONOMY IN ACHIEVING SUSTAINABLE<br>DEVELOPMENT - A MINI-SYSTEMATIC REVIEW | 180 |
| 153. | <b>LEVYTSKYI B., BUCHKOVSKA V.</b><br>MODERN ECOLOGICAL PROBLEMS OF LIVESTOCK PRODUCTION                                                                                           | 181 |
| 154. | <b>SAVCHENKO A., BUCHKOVSKA V.</b><br>ECOLOGICAL PROBLEMS OF LARGE LIVESTOCK COMPLEXES AND<br>WAYS TO SOLUTION THEM                                                                | 182 |
| 155. | <b>СМОЛЯР Н.О., ЛЕВИЦЬКА А.С.</b><br>НОВЕ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ PULSATILLA PRATENSIS НА<br>КІРОВОГРАДСЬКИНІ (УКРАЇНА)                                                                   | 183 |
| 156. | <b>ГАЛЬЧЕНКО З.С., МЕДВЕДЄВА О.О.</b><br>ЕНЕРГІЯ ВІТРУ І МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В<br>ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНАХ                                                                  | 184 |
| 157. | <b>МАРІЙН Д.В., САКАЛОВА Г.В., НЕГОДА К.К.</b><br>ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У<br>БІОЕНЕРГЕТИЦІ                                                                   | 185 |
| 158. | <b>БОЙКО Р.С., САКАЛОВА Г.В., КАЗНОВСЬКА В.С.</b><br>ЕФЕКТИВНА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ<br>ВОДООЧИСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ                                                       | 186 |
| 159. | <b>ЗАЛЕВСЬКА І. В.</b><br>ВПЛИВ ЗОЛОШЛАКОНАКОПИЧУВАЧА СУМСЬКОЇ ТЕЦ НА<br>НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ                                                                                     | 187 |
| 160. | <b>ВОРОН О.А.</b><br>ЧИННИКИ ВПЛИВУ ТА ПРОСТОРОВІ УМОВИ ПРИ РОЗМІЩЕННІ<br>ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В ПРОЦЕСІ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ<br>ВИРОБЛЕНИХ КАР'ЄРІВ                           | 188 |
| 161. | <b>КУЗНЄЦОВ В. А., ПАСТУХОВА С. В.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ:<br>ПРИКЛАД УСПІШНИХ РІШЕНЬ                                                           | 189 |
| 162. | <b>ПЕЛЕШОК А.П.</b><br>ЗБІР ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ТПВ                                                                                                                                 | 190 |
| 163. | <b>ДЕНИСЕНКО В.О., МЕЛЬНИКОВ О.Ю.</b><br>АНАЛІЗ ЗМІНИ РІВНЯ ЛІСОВОГО ВКРИТТЯ ОКРЕМОГО ЛІСНИЦТ-<br>ВА ЗА ДОПОМОГОЮ СУПУТНИКОВОГО СЕРВІСУ LANDSAT                                    | 191 |
| 164. | <b>ДЯЧОК В.В., ГАЛАС Ю.В.</b><br>ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В ЕКОСИСТЕМАХ                                                                                                      | 192 |
| 165. | <b>ПРЯКНОВИЧ А.</b><br>TRANSITION TO A GREEN ECONOMY: THE ROLE OF ENERGY<br>CONSERVATION IN THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY<br>FRIENDLY INFRASTRUCTURE                          | 193 |

|      |                                                                                                                                                                                                |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 166. | <b>ЛОПУШАНСЬКИЙ О.М.</b><br>СТРАТЕГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ: ВИКЛИКИ ТА<br>ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ                                                                            | 194 |
| 167. | <b>ПИТЕЛЬ А.А., КОЛОМІЙЧУК В.П.</b><br>НАСАДЖЕННЯ МОДРИНИ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ В УМОВАХ ФІЛІЇ<br>«САРНЕНСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО» (РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ)                                                 | 195 |
| 168. | <b>НЕРУБАЦЬКИЙ В.П., ШАПОВАЛОВА Д.С., ОГУРЦОВ С.С.</b><br>ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ЯК КЛЮЧ ДО ПОДОЛАННЯ<br>ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ                                                              | 196 |
| 169. | <b>НЕРУБАЦЬКИЙ В.П., ШАПОВАЛОВА Д.С., ОГУРЦОВ С.С.</b><br>СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ<br>ПРИРОДНИМИ РЕСУРСАМИ                                                               | 197 |
| 170. | <b>БІЛАН Л.М. ПОПОВИЧ О.Р.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАСТИКІВ ЯК<br>АЛЬТЕРНАТИВИ ПЛАСТИКУ                                                                                            | 198 |
| 171. | <b>ЧУМАК О. В.</b><br>ПОРІВНЯННЯ ВАРТОСТІ СОРТУВАННЯ ТПВ У КРАЇНАХ ЄС                                                                                                                          | 199 |
| 172. | <b>СІПКО І.О., АБЛЕСЬВА І.Ю.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО ДИГЕСТАТУ ДЛЯ<br>ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ                                                                                              | 200 |
| 173. | <b>ВОЛКОВА К.І., ПОДОРОЖКО К.Д.</b><br>АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА<br>СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДЗЗ<br>ЯК КРОК ДО ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ | 201 |
| 174. | <b>ЧОРНОНОГ С.С., ВЕРХОВЦЕВ В.Г., ГУБІНА В.Г.</b><br>ЗБАЛАНСОВАНЕ НАДРОКОРИСТУВАННЯ КРИВОРІЗЬКОГО<br>ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ                                                                     | 202 |
| 175. | <b>ДІДЕНКО І., ФЕДИНА М., ПОНОМАРЕНКО В.</b><br>ЗАГРОЗА ВТРАТ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЇЇ НАСЛІДКИ В УКРАЇНІ                                                                                         | 203 |
| 176. | <b>ANNA PRYKHODKO</b><br>THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON INCREASING<br>ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF<br>ENTERPRISES                                            | 204 |
| 177. | <b>БІЛЕЦЬКА А.Р., ЛАДИЧЕНКО К.І.</b><br>РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ПОВОЄННОМУ<br>ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ                                                                                  | 205 |
| 178. | <b>АНДРОСЮК А.М., ВЕНГЕР Л.О.</b><br>ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ДОВКІЛЛЯ: МІФИ ТА РЕАЛЬНІСТЬ                                                                                                      | 206 |
| 179. | <b>ГУДЗЕНКО О.В., ВАРБАНЕЦЬ Л.Д.</b><br>ВПЛИВ КООРДИНАЦІЙНИХ СПОЛУК ГЕРМАНІЮ І СТАНУМА НА<br>АКТИВНІСТЬ ЕЛАСТАЗИ BACILLUS LICHENIFORMIS                                                        | 207 |
| 180. | <b>ПЕТРОВСЬКА О.Я., ТАНКЛЕВСЬКА Н.С.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ ІНІЦІАТИВИ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ:<br>ДОСВІД НІДЕРЛАНДІВ                                                                                 | 208 |
| 181. | <b>ЯЦКІВ Д. О.</b><br>ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМ<br>ОБЛАДНАННЯМ СМІТТЄВОЗІВ                                                                                                  | 209 |

|      |                                                                                                                                                                  |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 182. | <b>ГОЛДРИЧ А.І., І.М. ПЕТРУШКА , МАКСИМІВ Ю.В.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАЛИШКОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ВАЖКИХ<br>МЕТАЛІВ В ҐРУНТІ                                       | 210 |
| 183. | <b>ТУРЧАК І.М., ВЕНґЕР Л.О.</b><br>ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ГЕЛІКОПТЕРІВ НА БІОРИЗНОМАНІТТЯ<br>УКРАЇНИ: ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТА СТРАТЕГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ                      | 211 |
| 184. | <b>МОЛЧАНОВ Л.С., ГОЛУБ Т.С.</b><br>ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ІНФОРМАЦІЇ ПРО<br>ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В МЕТАЛУРГІЇ ДЛЯ СТАЛОГО<br>РОЗВИТКУ                   | 212 |
| 185. | <b>ІВАНОВ А. А.</b><br>КОМПОЗИЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ<br>МЕТАЛЕВОГО ШЛАМУ                                                                           | 213 |
| 186. | <b>МАРТИНЮК А. А.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛООБРОБКИ В<br>БУДІВНИЦТВІ                                                                        | 214 |
| 187. | <b>МЕДВЕДЬ Я. О.</b><br>ВОГНЕТРИВКІ БЕТОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ<br>ВІДХОДІВ                                                                               | 215 |
| 188. | <b>МЕЛЬНИК С.О., ПОПОВИЧ О.Р.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ<br>ДОВКІЛЛЯ                                                                 | 216 |
| 189. | <b>ПИЛИП'ЮК Ю.В., НИЧАЙ С.Т., КАПШУЧЕНКО Р.А.,<br/>МОКРИЙ В.І.</b><br>ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ<br>ЗМЕНШЕННЯ ЛІСОВИХ ПЛОЩ НПП «КОРОЛІВСЬКІ БЕСКИДИ  | 217 |
| 190. | <b>КОЛМАКОВА В.М.</b><br>ЕКОСИСТЕМНА ОЦІНКА ВТРАТ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ<br>ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ                                             | 218 |
| 191. | <b>МАЄЦЬКИЙ М.М. ОДНОРІГ З.С.</b><br>ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО<br>ГАЗУ                                                                  | 219 |
| 192. | <b>ПАРХОМЧУК А.А., УВАЄВА О.І.</b><br>ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ<br>ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВІДХОДІВ                     | 220 |
| 193. | <b>ТИХЕНКО О. М., ЗОЗУЛЯ Л. А., КОНОВАЛОВ А. О.</b><br>АНАЛІЗ АКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ НА<br>ДОВКІЛЛЯ                                               | 221 |
| 194. | <b>СТЕЦЕНКО Д.А.</b><br>ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ШТУЧНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ЖИТЛА Й ПРАЦІ<br>ЛЮДИНИ                                                                            | 222 |
| 195. | <b>РЯБКО А.І.</b><br>ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ<br>НЕБЕЗПЕЧНИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ<br>ЕКОБЕЗПЕКИ УКІСНИХ СПОРУД ХВОСТОСХОВИЩ | 223 |
| 196. | <b>ДЕНИСЮК А.Р., АТАМАНЮК В.М.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО<br>СУШІННЯ ШРОТУ МОРКВИ ДИКОЇ                                             | 224 |

|      |                                                                                                                                                                       |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 197. | <b>ГУСЄВА К.Д., ПОПОВА Л.О.</b><br>ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ У СФЕРІ «ЗЕЛЕНОЇ» ТА «СИНЬОЇ»<br>ІНФРАСТРУКТУРИ В ОДЕСІ                                                        | 225 |
| 198. | <b>СЛЮТА А.М., ЖАРЧЕНКО А.М.</b><br>РОЗВИТОК ЕНЕРГООЩАДНОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ<br>ОСВІТИ ЧЕРЕЗ STEM-ОСВІТУ В КОНТЕКСТІ ВИРОБНИЧОЇ<br>(ПЕДАГОГІЧНОЇ) ПРАКТИКИ   | 226 |
| 199. | <b>СЛЮТА А.М., ХОЛЯВКО Д.Р.</b><br>КОНЦЕПЦІЯ "РОЗУМНЕ МІСТО" ПРИ ВИКЛАДАННІ ГЕОГРАФІЇ В<br>СТАРШІЙ ШКОЛІ: ІНТЕГРАЦІЯ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ<br>ТА ЕНЕРГООЩАДНОСТІ | 227 |
| 200. | <b>ЧЕРЕПАХА Д. В.</b><br>КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВІННИЧЧИНИ В<br>БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ                                                                           | 228 |
| 201. | <b>ГАРБАР Ю. С.</b><br>ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПРОМИСЛОВИХ<br>ВІДХОДІВ                                                                                        | 229 |
| 202. | <b>КУЦИК В.В.,</b><br>РАННЬОВЕСНЯНІ РОСЛИНИ ЗАПОВІДНОГО УРОЧИЩА<br>«ДЕРЕВНИЦЯ                                                                                         | 230 |
| 203. | <b>БЕРІДЗЕ О.І.</b><br>ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЕКОСИСТЕМУ УКРАЇНИ                                                                                                     | 231 |
| 204. | <b>ГУМЕННА В.В., КУДРЯШОВА К.О., ХЛОПИЦЬКИЙ О.О.,</b><br><b>СИМОНОВ В.В.</b><br>ПОТЕНЦІАЛ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВТОРИННОГО ВИКОРИСТАННЯ<br>ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ             | 232 |
| 205. | <b>РЕМІЗОВА О. О., КОРОГОДОВА О. О.</b><br>3D-ДРУК ОРГАНІЧНИХ БІОПОЛІМЕРІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ<br>ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ МЕДИЧНИХ ІМПЛАНТАТІВ                                     | 233 |
| 206. | <b>АНТОНОВ М.Д., МАЛЬОВАНІЙ М.С.</b><br>АКТУАЛЬНІСТЬ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ<br>КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В КОНТЕКСТІ АНТРОПОГЕННОГО<br>ВПЛИВУ                  | 234 |
| 207. | <b>РЕМІЗОВА О. О., ГЛУЩЕНКО Я. І.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ ЯК БІОПАЛИВА НОВОГО<br>ПОКОЛІННЯ                                                                     | 235 |
| 208. | <b>МИКИТИШИН К.І., ПЕТРУШКА К.І.</b><br>ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ: ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТА<br>СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ЇХ УСУНЕННЯ                                             | 236 |
| 209. | <b>СТАДНІЙЧУК М. Ю.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ<br>ВІННИЧЧИНИ В БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ                                                            | 237 |
| 210. | <b>СТАДНІЙЧУК М. Ю., ЛЕМЕШЕВ М. С.</b><br>ЖАРОСТІЙКІ БЕТОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ<br>МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ                                                   | 238 |
| 211. | <b>ВАЙСБУРД Л. , ЄВТУШЕНКО Н.С.</b><br>НОВА ЕНЕРГЕТИЧНА СТРАТЕГІЯ ІЗРАЇЛЮ ГАЗ І СОНЦЕ В<br>ОДНОМУ ЦИКЛІ                                                               | 239 |

|      |                                                                                                                                                                                                    |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 212. | <b>ЛЕМЕСШЕВ М. С.</b><br>ВОГНЕТРИВКІ БЕТОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛУРГІЙНИХ<br>ШЛАКІВ                                                                                                                | 240 |
| 213. | <b>STADNIYCHUK M. YU.</b><br>JUSTIFICATION FOR THE USE OF SLUDGE FROM MUNICIPAL<br>ENTERPRISES                                                                                                     | 241 |
| 214. | <b>ВЕРХОЛА Г.Б., ГАВОР З.С., ЛОПОТИЧ Н.Я.</b><br>ЗАПЛАВИ ЯК ПРИРОДНИЙ МЕХАНІЗМ РЕГУЛЮВАННЯ КЛІМАТУ                                                                                                 | 242 |
| 215. | <b>КРЕКТУН Б.В., ЖИЛЩИЧ Ю.В., КРЕКТУН Н.М., ПИВОВАР В. А.</b><br>МЕТАНОГЕНЕЗ У ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕКОСИСТЕ-<br>МАХ: МІКРОБІОЛОГІЧНІ, БІОХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ                      | 243 |
| 216. | <b>НОВИЦЬКИЙ В. В.</b><br>РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО<br>ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ                                                                                            | 244 |
| 217. | <b>РИЖЕНКО Д.А., КОМАРОВА І.О.</b><br>ОЗЕЛЕНЕННЯ ПРИШКІЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ЯК ЕЛЕМЕНТ<br>ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ<br>ОСВІТИ УЧНІВ                                               | 246 |
| 218. | <b>OSTAPENKO N., HALCHENKO Z., KRYUCHKOVA S.,<br/>KIRICHENKO V., BONDARENKO L.</b><br>FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF GRANULOMETRIC<br>FRACTIONS IN WASTES FROM IRON ORE ENRICHMENT<br>ENTERPRISES | 247 |
| 219. | <b>САДОВИЙ П.В. ПОПОВИЧ О.Р.</b><br>ДЕСТРУКТИВНИЙ ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА СОСНОВІ ЛІСИ<br>ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ                                                                                | 248 |
| 220. | <b>ЄРМАКОВ Ю.Ю.</b><br>РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА<br>ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН<br>ПРИМІСЬКИХ ВОДОЙМ                                                            | 249 |
| 221. | <b>ЧЕРЕПАХА Д. В., ЛЕМЕСШЕВ М. С.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОВМІСНИХ В'ЯЖУЧИХ У<br>БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ                                                                                      | 250 |
| 222. | <b>ЛЮБЧИКОВ Р. Є., ПОЛОТНЯНКО Л. В.</b><br>ОЦІНКА ВПЛИВУ РІЗНИХ ТИПІВ ЗАБРУДНЕНЬ НА ОРГАНІЗМИ<br>ГІДРОБІОНТІВ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО<br>РОЗВИТКУ                                       | 251 |
| 223. | <b>КУДРЯШОВА К.О., ГУМЕННА В.В., КОРЧЕВ М.В.,<br/>АНДРИКЕВИЧ О.О., РУМЯНЦЕВА М.О</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ                                                       | 252 |
| 224. | <b>КОБРИН М. О., ЛЮТА О. В.</b><br>АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ                                                                                                                            | 253 |
| 225. | <b>КУЗЬМІНЧУК Т. А., АТАМАНЮК В. М.</b><br>ЗОВНІШНІЙ ТЕПЛООБМІН ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ<br>СІРНИКОВОЇ СОЛОМКИ                                                                               | 254 |
| 226. | <b>БАЙ О.В., КОВАЛЬЧУК Н.С.</b><br>ВПЛИВ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТІ<br>ҐРУНТИ ТА МЕТОДИ ЇХ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ                                                                             | 255 |

|      |                                                                                                                                                                                                      |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 227. | <b>ЄФИМОВ Є.В., КОВАЛЬЧУК Н.С.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ<br>У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ                                                                             | 256 |
| 228. | <b>ДОЧИНЕЦЬ І.В.</b><br>СТАЛИЙ РОЗВИТОК В ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ                                                                                                                              | 257 |
| 229. | <b>БЕРМЕС Н.С., ПАНАС Н.Є.</b><br>АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ВІДХОДІВ СТРИЙСЬКОГО<br>ПОЛІГОНУ ТПВ                                                                                                  | 258 |
| 230. | <b>РУБЛЬОВ В.В., ФЕДОНЮК М.А.</b><br>ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕКТОНІЧНИХ РОЗЛОМІВ ТА КІЛЬЦЕВИХ<br>СТРУКТУР ВОЛИНИ ЗА ДИСТАНЦІЙНИМИ ДАНИМИ                                                                      | 259 |
| 231. | <b>ГЛОВИН Н. А., КРИВЕНКО Г. М.</b><br>ІНТЕГРАЦІЯ BIG DATA ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ<br>РОЗЛИВІВ НАФТИ                                                                                         | 260 |
| 232. | <b>МАКСИМИЧ О.І., ФІРСАНОВ М.-Д.О., ПАНАС Н.Є.</b><br>КОМПОСТУВАННЯ ХВОЙНИХ ВІДХОДІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНЕ<br>РІШЕННЯ                                                                                        | 261 |
| 233. | <b>УМНОВ І.Д., ТРУС І.М.</b><br>УТИЛІЗАЦІЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ                                                                                                                         | 262 |
| 234. | <b>ЦИБУЛЯ Д.О., ПРИДАЧУК Л.О., ЦИБУЛЯ М.М., КАЛЬНЮК М.М.</b><br>РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА SICONIA SICONIA L. В МЕЖАХ<br>СЕЛА РАДОШІВКА ШЕПЕТІВСЬКОГО РАЙОНУ ХЕЛЬНИЦЬКОЇ<br>ОБЛАСТІ (2022–2024 РОКИ) | 263 |
| 235. | <b>ЯВОРСЬКИЙ О.Є, КОРЧАК Б.О.</b><br>РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ: ЕКОЛОГІЧНА ТА<br>ЕКОНОМІЧНА НЕОБХІДНІСТЬ                                                                                       | 264 |
| 236. | <b>ХВИСЮК О. В., САВЧУК Л. А.</b><br>БІОРИЗНОМАНІТТА ЛІСІВ ТА ЙОГО РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ<br>ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ                                                                                      | 265 |
| 237. | <b>ПАТОКА І.В.</b><br>ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ ВТРАТ, ЗАВДАНИХ ПРИРОДНИМ<br>ЕКОСИСТЕМАМ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ                                                                                          | 266 |
| 238. | <b>ГУДКОВ О.С</b><br>МОЖЛИВОСТІ СТАЛОГО ДИЗАЙНУ В АРХІТЕКТУРІ                                                                                                                                        | 267 |
| 239. | <b>СВІТЛИК І.Р., ВРОНСЬКА Н.Ю.</b><br>ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ПРОБЛЕМИ<br>ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ                                                                                   | 268 |
| 240. | <b>МАРТИНІВ І.М., ВРОНСЬКА Н.Ю.</b><br>МІКРОПЛАСТИК: ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ<br>ЙОГО ПОШИРЕННЯ                                                                                        | 269 |
| 241. | <b>ПАНЧЕНКО В.В., РОМАНЧЕНКО Т.О.</b><br>ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ З<br>ВИКОРИСТАННЯМ ІТ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА<br>ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ                                              | 270 |
| 242. | <b>ГРИЦЕНКО Н.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С., СЕРЕДА А.С.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ<br>КОМПЛЕКСІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ КАПСУЛЬОВАНИХ<br>БІОДЕГРАДАБЕЛЬНОЮ КАПСУЛОЮ                        | 271 |

|      |                                                                                                                                                                                                          |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 243. | <b>БОЙКО Р.Я., КНИЩУК Н.І., МАЛЬОВАНИЙ М.С.</b><br>ПЕРСПЕКТИВНІ СТРАТЕГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ                                                                                                   | 272 |
| 244. | <b>АНТОНОВ М.Д., МАЛЬОВАНИЙ М.С.</b><br>АКТУАЛЬНІСТЬ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ<br>КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В КОНТЕКСТІ АНТРОПОГЕННОГО<br>ВПЛИВУ                                                     | 273 |
| 245. | <b>НАГУРСЬКИЙ О.А., ВИХІВСЬКА К.М.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРВИННОГО СКЛАДУ ПРОДУЦЕНТІВ ДЛЯ<br>ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМИ ХВОСТОСХОВИЩА ЯВОРІВСЬКОГО<br>ДГХП «СІРКА»                                           | 274 |
| 246. | <b>НАГУРСЬКИЙ О.А., ЧОРНЕНЬКИЙ В.М.</b><br>ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ВІДХОДІВ<br>ПІДПРИЄМСТВА ВИРОБНИЦТВА КАВОВИХ НАПОЇВ ДЛЯ<br>РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ                                              | 275 |
| 247. | <b>ОЛІФІР Ю.М., ПАРТИКА Т.В., ГАВРИШКО О.С., КОЗАК Н.І.,<br/>РОМАНЮК Б.Р.</b><br>ВПЛИВ ТРИВАЛИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА<br>ДЕГРАДАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ЯСНО-СІРИХ ЛІСОВИХ ПОВЕРХНЕВО<br>ОГЛЕСНИХ ҐРУНТАХ | 276 |
| 248. | <b>ПЕРЕБИНОС А.Р.</b><br>РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ<br>В УКРАЇНІ                                                                                                                | 277 |
| 249. | <b>ТУПІСЬ Р.В., ІВАНКІВ М.Я.</b><br>ВПЛИВ КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ВИРІШЕННЯ<br>ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ                                                                      | 278 |
| 250. | <b>ДАНИЛЮК М.Я., МАЛЬОВАНИЙ М.С.</b><br>КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ТА МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ У<br>ЛЬВІВСЬКОМУ КОМУНАЛЬНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ "ЗЕЛЕНЕ<br>МІСТО"                                                    | 279 |
| 251. | <b>ДОБРЯНСЬКА М.М., ПОПОВИЧ О.Р.</b><br>ІНТЕГРАЦІЯ ПРИНЦИПІВ «ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА» У<br>РЕКОНСТРУКЦІЮ ЖИТЛА ТА ІНФРАСТРУКТУРИ                                                                           | 280 |
| 252. | <b>ВАСИЛІВ Б.О.</b><br>ПРО ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО<br>РОЗДІЛЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОБРОБЛЕННЯ СУПУТНІХ<br>ПЛАСТОВИХ ВОД, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ ВИДОБУВАННІ<br>ВУГЛЕВОДНІВ                 | 281 |
| 253. | <b>ПОПОВИЧ С.П., МАЛЬОВАНИЙ М.С.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ<br>МОНІТОРИНГУ ЗМІН КЛІМАТУ                                                                                            | 282 |
| 254. | <b>АНДРУХІН С.І, ВЕНГЕР Л.О.</b><br>ПОТЕНЦІАЛ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ ЯК ВТОРИННОЇ<br>СИРОВИНИ                                                                                                              | 283 |
| 255. | <b>РОМАНОВИЧ Б.М., ТИМЧУК І.С.</b><br>КОМПОСТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ БЮДОСТУПНОСТІ<br>ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН НА ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЛЯХ                                                                          | 284 |

|      |                                                                                                                                                                           |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 256. | <b>КАРАЧУН М.С., ТИМЧУК І.С., СЕРЕДА А.С.</b><br>АДАПТАЦІЯ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ ЧЕРЕЗ<br>ІНТЕГРАЦІЮ ЗЕЛЕНИХ ІНФРАСТРУКТУР                                 | 285 |
| 257. | <b>СЛЕСАРЄВА К.В., СИМИР А.О., ТИМЧУК І.С.</b><br>ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ІНТЕГРАЦІЇ<br>БІОЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У МУНІЦИПАЛЬНІ СИСТЕМИ<br>УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ | 286 |
| 258. | <b>МАТВІЙВ П.В., ТИМЧУК І.С.</b><br>ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОГАЗОВОГО СЕКТОРУ В УКРАЇНІ                                                                                    | 287 |
| 259. | <b>ШЕВЧЕНКО О. О.</b><br>ЗМІСТ ЮРИДИЧНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА НЕДОТРИМАННЯ<br>ВИМОГ ЩОДО ЦІЛЬОВОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ                                                     | 288 |
| 260. | <b>ТУЦЬ І.О.</b><br>ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГЕТИКИ                                                                                                           | 289 |
| 261. | <b>МАНДРИК О. М., БАРАБАН К. І.</b><br>КОЕФІЦІЄНТ ФІТОМЕЛІОРАТИВНО ЕФЕКТИВНОСТІ ЯК<br>ІНДИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ<br>ТЕРИТОРІЙ                      | 290 |

# **СЕМІНАР 1**

## **ОХОРОНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

ПАВЛЮК М.М., ФЕДОНЮК В.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## КОМФОРТНІСТЬ КЛІМАТУ УКРАЇНИ ЗА БІОКЛІМАТИЧНИМ ІНДЕКСОМ В.БОКШІ

Луцький національний технічний університет  
43018, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна; [margaritapavluk88@gmail.com](mailto:margaritapavluk88@gmail.com)

**Abstract.** The study analyzed the regional distribution of the complex bioclimatic index of weather pathogenicity V. Boksha within the territory of Ukraine based on data analysis for 2018 - 2023. The spatial and temporal dynamics of the bioclimatic index and weather and climate comfort.

Комфортність клімату та погоди оцінюється як їх сприятливість для людини, для її життєдіяльності та провадження господарської діяльності [2]. В останні десятиліття кліматичні умови України та її регіонів суттєво змінюються під впливом проявів глобальних змін клімату, як було показано у дослідженнях Федонюк В.В., Мерленка І.М., Федонюка М.А., Линюка Р.В., Ковальчук Н.С., Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. [4, 5, 6] та інших авторів. Ці зміни торкнулися і такої характеристики, як комфортність клімату, що визначило актуальність даної роботи. Для оцінки комфортності клімату у її просторовому та часовому розподілі часто застосовують біокліматичні індекси (далі – БКІ) – комплексні показники, розрахунок яких засновано на використанні емпіричних формул [2, 6]. Одним з відомих БКІ є біокліматичний індекс, або індекс патогенності В.Бокші, який включає оцінку комфортності клімату на основі розрахунку сумарного інтегрального показника, що враховує зміну температурних умов, умов зволоження, зміну атмосферного тиску та вітрового режиму, а за наявності даних – також і параметри тривалості сонячного сяяння. Саме на основі застосування даного індексу, із використанням електронних архівів погоди у 25 містах України [1, 2] авторами було оцінено комфортність погодних умов в Україні на протязі 6-річного періоду (2018 – 2023 рр.) для регіонів нашої держави на прикладі міст – обласних центрів (а також м. Києва та Севастополя).

*Основні результати дослідження:* розроблено підсумкові таблиці та графіки динаміки біокліматичного індексу В.Бокші у регіонах України на протязі 6-річного періоду. Встановлено, що показники індексу знизилися і змістилися до більш комфортних практично у всіх регіонах України, особливо помітним зростання комфортності клімату є в південних, південно-західних регіонах, місті Києві. Проведено картографування показників біокліматичного індексу в межах України (середні річні значення та значення для окремих місяців року теплого і холодного періоду). Розроблено онлайн-калькулятори біокліматичного індексу ([https://pogoda3kota.blogspot.com/2024/10/blog-post\\_92.html](https://pogoda3kota.blogspot.com/2024/10/blog-post_92.html)), за якими можна визначити його значення для конкретного регіону та періоду.

### Література:

1. Архів погоди Європейської метеорологічної агенції [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>
2. Архів метеоданих сайту Метеопост. URL: <https://meteopost.com/weather/archive/>
3. Бокша В.Г., Богуцький Б.В. Медична кліматологія та кліматотерапія. К.: Здоров'я, 1980. 261 с.
4. Федонюк В.В., Мерленко І.М., Федонюк М.А., Линюк Р.В., Ковальчук Н. С. Зміни агрокліматичних чинників в зоні Полісся в контексті глобального потепління (на прикладі Волинської області). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Сільськогосподарські науки*. Рівне: 2019. № 2(86). С. 124 – 134. URL: <http://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/781>
5. Федонюк В.В., Федонюк М.А. Дослідження сезонної динаміки атмосферного тиску в м. Луцьку. *Фізична географія та геоморфологія*. К.: 2016, № 4. С. 82 – 89.
6. Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків: 2019. Вип. 50. С. 210-219. [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»]. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>

РОМАНЮК Д.О., КОВАЛЬЧУК Б.В., ФЕДОНЮК В.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)  
**ВПЛИВ ОСТРОВА ТЕПЛА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РАЙОНІВ ЛУЦЬКА**

Луцький національний технічний університет  
 43018, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна; [dimaromanuik556@gmail.com](mailto:dimaromanuik556@gmail.com)

**Abstract.** The work analyzes the manifestations of such a phenomenon as the urban heat island over the city of Lutsk and its impact on the ecological state and microclimatic conditions of city.

Міські острови тепла – це явище підвищених показників температури над територією міста у порівнянні з його околицями, як зазначають Федонюк В.В., Федонюк М.А., Гусар О.Н. у [2, 5]. Для характеристики острова тепла використовують поняття: загальна просторова форма (поділ на сегменти: ізотерми окреслюють певну урбанізовану територію, де температури вищі, ніж у передмісті), інтенсивність прояву острова тепла в градусах (фактично – це різниця температур між містом та прилеглими територіями), характеристика поверхонь міста [2].

Утворення острова тепла в основному пов'язане з антропогенними перетвореннями діяльної поверхні в місті. Заасфальтовані та забетоновані ділянки, стіни будівель, споруд у денні години накопичують деяку кількість тепла, а вночі віддають його навколишньому повітрю. У містах також зменшена транспірація (випаровування вологи рослинами) і випаровування з ґрунту, оскільки природних ландшафтів мало, що підсилює прояви острова тепла. Нарешті, в місті багато джерел прямих теплових викидів (будинки, автотранспорт, котельні, тощо). Острів тепла не є стаціонарним та може проявляти динаміку у просторі і в часі. Виділяють його добовий та річний хід. Удень різниця температур між містом і замиською територією незначна. Проте вночі в місті тепліше, ніж на його околицях. У дослідженнях Мерленка І.М., Федонюк В.В., Мерленко Н.О., Федонюка М.А., Pankevych A., Fedoniuk V., Vovk O., Pankevych S., Fedoniuk V.V., Husar O. N., Fedoniuk M.A. [1, 2, 3, 4, 5] було проаналізовано вплив міського острова тепла над Луцьком на вітровий режим міста і на режим хмарності в ньому, проте комплексного вивчення проблеми для міста не здійснювалося.

**Основні результати:** визначено умови формування та річну динаміку міського острова тепла в Луцьку; виділено райони та ділянки міста з сильними проявами острова; оцінено відмінності полів температури в місті та на приміській території; розроблено серію графіків, діаграм, картограм; розроблено пропозиції щодо покращення мікроклімату мікрорайонів міста.

#### Література:

1. Мерленко І.М., Федонюк В.В., Мерленко Н.О. Адаптація до сучасних кліматичних змін агрономічних технологій в Північно-Західному Поліссі. *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення*. Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 10-11 червня 2021 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2021. С.228 – 230. URL: <https://surl.li/zsojka>
2. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Проблеми теплового забруднення селітебних територій: дослідження та моніторинг. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал*. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, № 1 (15). 2017. С.231-239. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/5308>
3. Pankevych A., Fedoniuk V., Vovk O., Pankevych S. Assessment and mapping of microclimatic features in complex architectural structures in Lutsk. *GeoTerrace-2024*. International Conference of Young Professionals. 7-8 Oct 2024, European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2024, p. 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510012>
4. Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків: 2019. Вип. 50. С. 210-219. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>
5. Fedoniuk V.V., Husar O. N., Fedoniuk M.A. Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Source: Conference Proceedings, 16th International Scientific Conference, 15-18 Nov 2022, Volume 2022. P. 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125>

ТОЛСТУШКО А.М., ФЕДОНЮК В.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## **ДИНАМІКА ХМАРНОСТІ В ЛУЦЬКУ ЗА ДАНИМИ ДЗЗ**

*Луцький національний технічний університет*

43018, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна; [anutka.diamond@gmail.com](mailto:anutka.diamond@gmail.com)

**Abstract.** The main results of the study of the annual dynamics of sky cloudiness in the city of Lutsk based on data from processing arrays of satellite images are presented. The annual and monthly dynamics of the total cloudiness of the sky were analyzed. A trend towards a decrease in the average annual cloudiness in Lutsk was identified.

Дослідження хмарності неба – це актуальне завдання нашого часу, тому що в зв'язку із глобальними змінами клімату динаміка даного явища змінюється. Окремі аспекти динаміки хмарності неба та супутних явищ (грози, градобій та ін.) вивчалися у працях Федонюк В.В., Гусар О.Н., Федонюка М.А., Fedoniuk V.V., Husar O. N., Fedoniuk M.A. Федонюк В.В., Павлуся А.М., Федонюк М.А., Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. [1, 2, 3, 4] та інші.

*Метою* даного дослідження для м. Луцька був аналіз сучасних змін в динаміці загальної хмарності неба із використанням засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Хмарність – важливий показник, бо з нею безпосередньо пов'язаний режим опадів, надходження сонячної радіації, комфортність погоди. Це визначило актуальність та практичну спрямованість роботи.

*Предмет дослідження:* динаміка хмарності неба у м. Луцьку на протязі 2017 – 2021 рр.

Для аналізу хмарності використовували сервіс-переглядач доступних онлайн-знімків середньої і низької роздільної здатності від Європейського космічного агентства – EO Browser. Для аналізу було обрано 5-річний період 2017 – 2021 рр. з великою кількістю космічних знімків у відносно хорошій якості. Дослідження проводилося для 5-річного періоду, оскільки сервіс передбачає побудову графіків в автоматичному режимі саме за 5 років. На сервісі було 665 знімків за цей період для Луцька. Аналіз підтвердив результати, отримані нами при статистичному аналізі показників: в річному ході найвищою є хмарність холодного періоду року, а найнижчою – теплового періоду. Водночас спостерігається деяке зниження середніх річних показників хмарності в Луцьку в порівнянні з кліматичною нормою.

*Результати дослідження:* визначено особливості динаміки хмарності неба у м. Луцьку за період 2017 – 2021 рр. Виявлено, що є зміни в цій динаміці, які в основному проявляються у зниженні середнього річного та середніх місячних показників хмарності неба. Це зниження найбільше проявляється у теплий період року. За даними статистичного аналізу і оцінки методами ДЗЗ виявлено зниження річної хмарності на 0,5-0,6 бали (при кліматичній нормі 7 балів, у 2017-2021 рр. річна хмарність була 6,5-6,6 бали), яке найбільше проявляється у квітні – вересні. Розроблено структуру та продовжується наповнення віртуального атласу «Метеоявища нашого Луцька», до якого входить також і підбірка фото цікавих родів та видів хмар: <https://cutt.ly/3wGm3awd/>

### Література:

7. Федонюк В.В., Гусар О.Н., Федонюк М.А. Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010-2021 рр. *Український журнал природничих наук*. Житомир: № 4, 2023. С. 86 – 95. URL: <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40>
8. Федонюк В.В., Павлусь А.М., Федонюк М.А. Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу Blitzortung. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса: 2021. № 28. С. 16 – 28. URL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02>
9. Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків: 2019. Вип. 50. С. 210-219. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>
10. Fedoniuk V.V., Husar O. N., Fedoniuk M.A. Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Source: Conference Proceedings, 16th International Scientific Conference, 15-18 Nov 2022, Volume 2022. P. 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125>

KHLIBYSHYN KH.-YA., POCHAPSKA I. (UKRAINE, LVIV)

## **SYSTEMIC APPROACH TO IDENTIFYING ENVIRONMENTAL THREATS**

*Lviv Polytechnic National University*  
 12 Bandera street, Lviv, Ukraine, 79013;  
[khrystofor-iaroslav.khlibyshyn.sa.2021@lpnu.ua](mailto:khrystofor-iaroslav.khlibyshyn.sa.2021@lpnu.ua)

**Abstract.** This work examines the possibilities and criteria for applying a systematic approach to identifying environmental threats and hazards. Authors describes the primary approaches used for environmental monitoring and the prerequisites for applying a systematic approach to enhance environmental security. The advantages and disadvantages of implementing system analysis in identifying environmental threats are also highlighted.

The «National Security Strategy of Ukraine» identifies the main threats to environmental security as follows:

- Excessive anthropogenic impact and a high level of technogenic load on Ukrainian territory.
- The negative environmental consequences of the Chornobyl disaster.
- A significant amount of industrial and consumer waste and an inadequate level of recycling, processing, and disposal.
- The unsatisfactory state of the unified state system and civil protection forces, as well as the environmental monitoring system.

Enhancing environmental security requires a comprehensive assessment of all factors. In essence, a systematic approach to identifying environmental threats is based on viewing the natural environment as a unified, interconnected whole. For instance, all components of the ecosystem (biotic, abiotic, and socio-economic factors) and their interactions are considered. It is also essential to clearly understand that changes in one element can trigger a chain reaction in others, affecting the entire system.

Applying a systematic approach to identifying environmental risks involves several key stages: identifying the management object, structural synthesis of the model, parameter identification of the model, research planning, management synthesis, and management implementation. By adopting this approach, it is possible to determine the directions for modernising Ukraine's natural resource management system through the introduction of new economic and regulatory mechanisms for environmental policy and an updated environmental monitoring system. Furthermore, implementing a systematic approach to identifying environmental threats will contribute to improving environmental auditing, passportisation, standardisation, certification, and labelling, as well as the introduction of "green" procurement practices.

Based on the analysis of information sources, it has been established that high-quality environmental monitoring for identifying areas of environmental risk is impossible without the systematic use of environmental data from space, air, or ground-based systems. Existing environmental and technogenic monitoring systems do not allow for the identification of changing risk zones necessary for assessing ecosystem safety. However, the use of aerospace technologies and the comprehensive processing of information from various sources enhances the reliability of monitoring by employing geoinformation and aerospace technologies. Models and scenario analyses help predict the potential consequences of external impacts, enabling the prevention or mitigation of adverse effects.

Thus, improving methodologies related to constructing environmental risk zones through multifactorial assessment increases the level of ecosystem safety. These innovations in developing mobile environmental monitoring systems using aerospace technologies not only expand theoretical knowledge but also facilitate practical implementation.

ROMANIV Ya., KRYVENKO G. (UKRAINE, IVANO-FRANKIVSK)

## IMPACT OF OIL AND GAS WELLS ON ATMOSPHERIC AIR DURING OPERATION

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*  
15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine. [galyna.kryvenko@nuing.edu.ua](mailto:galyna.kryvenko@nuing.edu.ua)

**Abstract.** During well operation, a source of pollutant emissions into the atmosphere is the horizontal flare unit, which burns gas during well and plume blowdowns, well testing to determine operational parameters, and repair work. It has been established that at the boundary of the regulatory sanitary protection zone, the calculated concentrations of all pollutants do not exceed the maximum permissible concentrations. Measures are proposed to reduce pollutant emissions into the air environment and improve environmental safety.

Oil and gas enterprises implement measures to prevent environmental pollution and ensure the rational use of natural resources, despite the ongoing full-scale war, which causes enormous environmental damage.

During well operation, pollutant emissions into the atmosphere primarily originate from the horizontal flare unit, where gas is combusted during well and plume blowdowns, well testing to determine operational parameters, and repair work. The combustion of natural gas in the flare unit releases harmful substances into the atmosphere, including nitrogen oxides, carbon monoxide, suspended particulate matter of undifferentiated composition (soot), and methane. Additionally, acoustic impacts on residential areas and specific facilities may occur during well blowdowns.

During well operation, there are no expected changes in natural soil cover, climate and microclimate, water regime, or physical and biological impacts on the flora and fauna of the area.

Since the duration of different life cycle stages of oil and gas wells varies, it is recommended to assess environmental pollution based on the emission intensity of pollutants. The operational phase constitutes approximately 85% of the total well life cycle and is characterized by average emission intensities. The emissions of pollutants during well operation are presented in Table 1.

Table 1

| Pollutant Emissions |                  |                                                          |
|---------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| Pollutant           | Emissions M, g/s | Maximum Allowable Concentration (MAC), mg/m <sup>3</sup> |
| Carbon monoxide     | 0.1245           | 5                                                        |
| Nitrogen dioxide    | 0.000975         | 0.2                                                      |
| Methane             | 0.012925         | 50                                                       |
| Soot                | 0.014925         | 0.15                                                     |

The assessment of pollutant emissions' impact on atmospheric air quality is carried out based on the results of pollutant dispersion modeling. The hygienic criterion for determining the maximum allowable emissions of pollutants into the atmosphere is their compliance with regulatory concentrations at the boundary of the sanitary protection zone.

According to the calculations, it has been determined that at the boundary of the regulatory sanitary protection zone, the calculated concentrations of all pollutants do not exceed the maximum allowable limits.

To reduce pollutant emissions into the air environment and improve environmental safety, the following measures are recommended: installation of blowout preventers at the wellhead during testing; installation of soundproof casings and mufflers on ventilation system fans and windows; placement of equipment on rubber pads; implementation of explosion and fire prevention measures; protection of pipelines against corrosion; transition to renewable energy sources for self-sustaining energy needs.

АВДІСНКО І.А. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУД КАНАЛІЗАЦІЇ

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна: office@kname.edu.ua*

**Abstract.** Reducing GHG emissions from WWTPs is crucial for Ukraine's path to carbon neutrality. Ukrainian WWTPs utilize outdated technologies, leading to inadequate nitrogen removal and increased N<sub>2</sub>O emissions. High pollutant concentrations in treated effluents also contribute to CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions when discharged into natural water bodies. This study estimates CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from the treatment and discharge of municipal wastewater at WWTP-2 in Kyiv. The results show total GHG emissions of 79,161.4 tons CO<sub>2</sub> equivalent per year.

Очистні споруди (ОС) є значними джерелами парникових газів, зокрема вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), метану (CH<sub>4</sub>) та оксиду азоту (N<sub>2</sub>O), які вивільняються під час біологічного очищення та обробки осадів. Українські ОС, на відміну від більшості європейських, використовують застарілі технології очищення, які не забезпечують глибоке видалення азотних сполук. Це призводить до викидів N<sub>2</sub>O, а підвищені концентрації забруднювачів в очищених стічних водах можуть спричиняти викиди CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>O при їх скиді у природні водойми. Тому розрахунок викидів парникових газів на українських очисних спорудах є важливим для оцінки їх екологічного впливу.

Розрахунки викидів CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>O, пов'язаних з очищенням та скиданням комунальних стічних вод, були проведені для ОС-2 м. Київ (потужність 350 000 м<sup>3</sup>/добу) згідно з методикою IPCC 2019. Розрахунки викидів парникових газів з ОС виконувалися за наступними формулам:

$$N_2O_{bio,i} = EF_{bio,N_2O,j} * TN_{in,i} * 265 \quad (1)$$

$$CO_{2bio,i} = EF_{bio,CO_2,j} * COD_{removed,i} \quad (2)$$

Розрахунки викидів ПГ від скиду очищених стічних вод виконувалися за формулами:

$$N_2O_{eff,i} = EF_{eff,N_2O,j} * TN_{out,i} * 265 \quad (3)$$

$$CO_{2eff,i} = EF_{eff,CO_2,j} * COD_{out,i} \quad (4)$$

Залишкові концентрації забруднювачів в очищених стічних водах становлять: ХСК – 60 мг/л, N<sub>заг.</sub> – 30 мг/л. Ділянка річки Дніпро, яка приймає очищені стічні води, є евтрофікованою.

*Таблиця 1*

**Прогнозні викиди парникових газів CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>O при очистці та скиді міських стічних вод**

| ПГ               | Викиди при очистці, т CO <sub>2</sub> ’екв./рік | Викиди при скиді, т CO <sub>2</sub> ’екв./рік |
|------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| CO <sub>2</sub>  | 32 908,4                                        | 4375,9                                        |
| N <sub>2</sub> O | 33 853,7                                        | 8 023,4                                       |
| Загальні викиди: | 79 161,4                                        |                                               |

Очищення стічних вод забезпечує глибоке видалення органічних речовин (ХСК) на 88,5%, що відповідає вимогам Директиви 91/271/ЕЕС (мінімальне зниження 75%). Однак ефективність видалення загального азоту значно нижча – лише 25%, що не відповідає стандартам Директиви (мінімальне зниження 70-80%). Скидання стічних вод із високими концентраціями азоту та фосфору у евтрофіковані річки сприяє збільшенню викидів парникових газів.

Загальний викид парникових газів при очищенні та скиді в евтрофіковану водойму складає 79 161,4 т CO<sub>2</sub> екв./рік. Викиди CO<sub>2</sub> можна значно зменшити за допомогою модернізації технологій та конфігурацій очисних споруд (на 30-40%). Очікується, що аналогічна тенденція спостерігатиметься і для скорочення викидів N<sub>2</sub>O (8-19%).

### ПОДЯКА

*Дослідження було проведено в рамках виконання проекту «StormCompetence – Strengthening researchers’ professional competencies on stormwater management for renovation of UA city infrastructure in the post-war time». Проект профінансовано програмою Swedish Institute.*

ХАЦЕЙ А. О., Трус І. М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВПЛИВІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРКІНГУ МІСТ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, проспект Берестейський, 37, Київ, Україна; [xatsey12@gmail.com](mailto:xatsey12@gmail.com)

**Abstract.** Motor transport is one of the main sources of air pollution in cities, causing significant emissions of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>). One of the effective strategies to reduce the negative impact of transport on the environment is the optimization of parking infrastructure. Research confirms that reducing the time spent searching for a parking space, creating park-and-ride facilities, and implementing intelligent parking systems can significantly lower pollutant emissions and improve air quality in cities.

Нині у зв'язку зі швидким соціально-економічним розвитком зростає навантаження людської діяльності на природне середовище. Цей процес супроводжується збільшенням викидів та інших форм впливу на екосистеми, що ставить під загрозу їхню стійкість та здатність до саморегуляції. Тому для великих промислових центрів багатьох країн у всьому світі, включаючи Україну, актуальною є проблема забруднення повітря.

Дані моніторингу щодо викидів забруднюючих речовин від стаціонарних та пересувних джерел в період з 2015 р. по 2021 р наведені на рис.1.

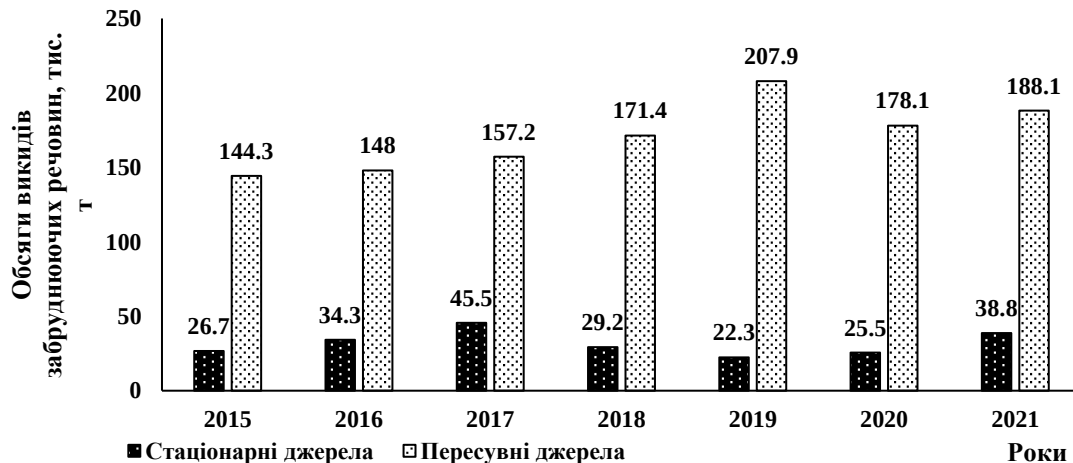


Рис. 1. Динаміка викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря Києва від стаціонарних та пересувних джерел за 2015 – 2021 роки.

Викиди від пересувних джерел мали зростаючу тенденцію, починаючи з 2015 року, досягнувши максимуму в 2019 році (207,9 тис. тонн). Зростання кількості автомобільного транспорту у м. Києві призводить до підвищення обсягів викидів забруднюючих речовин. В 2020 році спостерігаємо зменшення викидів від пересувних джерел на 29,8 тис. тонн, порівняно з попереднім роком, що очевидно пов'язано зі зменшенням використання транспорту внаслідок пандемії. У 2021 році обсяги викидів знову зросли до 188 тис. тонн, що свідчить про поступове відновлення інтенсивності автомобільного руху. Викиди від автотранспорту значно переважають над викидами від стаціонарних джерел у всі роки дослідження. Частка пересувних джерел у загальному забрудненні становить 77,6-90,3 % за вказані роки.

Висока щільність автомобільного руху сприяє утворенню смогових зон та зниженню рівня кисню в атмосфері міських територій. Перехоплюючі паркінги на в'їздах до міста дозволяють зменшити кількість автотранспорту в центральних районах, що знизить рівень забруднення. Такий підхід не лише зменшує кількість приватних авто на міських вулицях, а й позитивно впливає на екологічний стан, знижуючи рівень викидів шкідливих речовин у повітря. Крім того, скорочення інтенсивності руху покращує транспортну доступність, зменшує затори та сприяє формуванню більш комфортного та безпечного міського середовища для жителів і гостей м. Києва.

МІНЯЙЛО Д.О. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УЛОВЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЮ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

*Технічний університет «Метінвест політехніка»*

*69008, Південне шосе, 80, Запоріжжя, Україна;*

[Daryna.Minailo@mipolytech.edu.ua](mailto:Daryna.Minailo@mipolytech.edu.ua)

**Abstract.** The paper reviews modern carbon dioxide capture technologies. The principles of operation, technological features and prospects for the application of various methods are described, including chemical absorption, adsorption on solid sorbents, membrane separation and electrochemical systems. Particular attention is paid to the combination of capture with subsequent storage or use of captured CO<sub>2</sub> in industry. The importance of implementing such technologies for reducing emissions in heavy-processing sectors, achieving climate neutrality and fulfilling international environmental obligations is emphasized.

Технології уловлювання вуглекислого газу відіграють важливу роль у сучасних стратегіях боротьби зі зміною клімату та досягненні цілей сталого розвитку [1]. Новим напрямом, який активно розвивається, є технології прямого уловлювання CO<sub>2</sub> з атмосферного повітря – Direct Air Capture (DAC), що здатні витягувати CO<sub>2</sub> безпосередньо з атмосфери в будь-якому місці, на відміну від уловлювання вуглецю, яке зазвичай здійснюється в місці викидів, наприклад, на сталеливарному заводі [1]. CO<sub>2</sub> можна постійно зберігати в глибоких геологічних утвореннях або використовувати для різних цілей [1]. Найпоширенішими є методи, що базуються на твердих сорбентах з амінами або лужних розчинах, які зв'язують CO<sub>2</sub> у формі карбонатів [1].

Окрему увагу привертають електрохімічні системи, які можуть не лише вловлювати вуглекислий газ, а й одночасно генерувати корисні побічні продукти [1]. Серед світових лідерів цієї технології варто відзначити компанію Climeworks (Швейцарія), яка вже реалізувала кілька комерційних проєктів в Ісландії з геологічним зберіганням CO<sub>2</sub> у базальтових породах [2]. За даними Climeworks, підприємство Mammoth зможе поглинати 36 000 тонн вуглекислого газу щороку. Це відповідає викидам від близько 7800 автомобілів, що рухаються дорогами [3]. Інший приклад – канадська компанія Carbon Engineering, що поєднує Direct Air Capture з виробництвом синтетичного палива [4]. Компанія заявляла, що на комерційних заводах будуть стояти великі вентилятори діаметром 10 метрів, аби збирати повітря та пропускати його через складний хімічний процес [5]. Це одна з небагатьох компаній у світі, яка використовує подібну технологію. Кожна така установка має потенціал щорічно виводити з атмосфери стільки вуглекислого газу, скільки можуть поглинути 40 мільйонів дерев [5].

Окрім уловлювання, особливу роль відіграє подальше використання або зберігання уловленого CO<sub>2</sub> [6]. Розвиток технологій Carbon Capture and Storage (CCS) передбачає закачування вуглекислого газу у виснажені нафтогазові родовища чи соляні формації для довгострокового зберігання під землею [6]. Паралельно розвивається напрям Carbon Capture and Utilization (CCU), спрямований на використання CO<sub>2</sub> як сировини для виробництва синтетичних видів палива, пластмас, добрив або навіть будівельних матеріалів із підвищеною міцністю [7]. Такі технології поступово формують основу для циркулярної вуглецевої економіки, що є надзвичайно важливим для важкопереробних секторів – авіації, судноплавства та цементної промисловості [7].

Незважаючи на значний прогрес, впровадження технологій уловлювання CO<sub>2</sub> залишається викликом через високу вартість, яка залежно від технології коливається в межах 100-1000 доларів за тону уловленого CO<sub>2</sub> [8]. Особливо дорогівартісними залишаються технології Direct Air Capture через високе енергоспоживання, що вимагає інтеграції з відновлюваними джерелами енергії для забезпечення вуглецевої нейтральності [8]. Міжурядова група з питань зміни клімату (МГЕЗК) підкреслює, що досягнення глобальної кліматичної нейтральності до 2050 року неможливе без масштабного використання технологій уловлювання та використання CO<sub>2</sub> [9]. Для України, з її значною часткою промислових викидів, впровадження таких технологій є стратегічно важливим кроком на шляху до виконання цілей Європейського зеленого курсу та побудови кліматично нейтральної економіки [10].

Перелік використаних джерел

1. Direct Air Capture - Energy System - IEA. URL: <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/direct-air-capture> (дата звернення 02.03.2025)

2. High-quality carbon removal company. URL: <https://climeworks.com/>  
(дата звернення 02.03.2025)
3. В Ісландії запрацював «найбільший у світі» завод-вакуум з вилучення CO<sub>2</sub> з атмосфери – Букви. URL: <https://bukvy.org/v-islandiyi-zapraczyuvav-najbilshyj-u-sviti-zavod-vakuum-z-vyluchennya-co2-z-atmosfery/> (дата звернення 02.03.2025)
4. Carbon Engineering | Direct Air Capture of CO<sub>2</sub> | Home. URL: <https://carbonengineering.com/> (дата звернення 02.03.2025)
5. Синтетичне паливо з атмосфери: все про екостартап Carbon Engineering – Blog Imena.UA. URL: <https://www.imena.ua/blog/ecostartup-carbon-engineering/> (дата звернення 03.03.2025)
6. CCS Explained: The Basics - Global CCS Institute. URL: <https://www.globalccsinstitute.com/resources/ccs-101-the-basics/> (дата звернення 03.03.2025)
7. CCU: what is Carbon Capture and Utilisation | CO<sub>2</sub>Value Europe. URL: <https://co2value.eu/what-is-ccu/> (дата звернення 03.03.2025)
8. What will scale direct air capture? A 75 percent price drop, report says | Trellis. URL: <https://trellis.net/article/what-will-scale-direct-air-capture-75-percent-price-drop-report-says/> (дата звернення 03.03.2025)
9. Carbon dioxide capture and storage. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srcs\\_wholereport.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srcs_wholereport.pdf) (дата звернення 03.03.2024)
10. Європейський Зелений Курс – Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/ievropejskyj-zelenyj-kurs.html> (дата звернення 03.03.2025)

MIKHEEVA A.A. (UKRAINE, CHERNIVTSI)

## ASSESSMENT OF POLLUTION OF THE ATMOSPHERIC STORAGE URBOECOSYSTEM of CHERNIVTS IN THE ZONES OF CAR TRANSPORT LOADS AND GENERATOR OPERATION

*Chernivtsi Lyceum No. 12 "Jubilee" of Chernivtsi City Council  
58000, L.Ukrainky St., 1; KZ CHOCENTUM, O.Kryvoruchka St., 57  
Chernivtsi, Ukraine; anisiamiheeva9@gmail.com*

**Abstract.** A large number of environmental factors affect the quality and safety of life and the level of environmental safety of the population in cities. One of the main sources of noise pollution and atmospheric pollution of the city is motor vehicles and the operation of generators, which give up to 70% of all toxic emissions into the atmosphere.

Study of the influence of noise load on the environment, carrying out a comparative analysis of air parameters in conditions of non-permanent operation of generators.

The object of the study is acoustic and chemical pollution of the environment under the conditions of operation of generators on the example of a residential area of the city. Chernivtsi

The subject of the study is the levels of acoustic and chemical air pollution in the city of Chernivtsi and their compliance with established standards.

For the study, 5 sites within the residential, industrial and recreational zones were chosen. The research was conducted in June-July 2024, noise pollution measurements were carried out from 14:00 to 17:00 under the condition of using electric current generators and during the period of normal healing. Noise pollution was measured with a Testo 815 noise meter-spectrum analyzer in the octave range of 50-100 dB, which meets all standardization requirements and has a state inspection certificate. Air quality indicators are provided by specialists of the Chernivtsi Regional Center for Hydrometeorology. Air sampling stations: PSZ No. 1 str. Zavodska, 34; PSZ No. 3 str. Main, 265A; PSZ No. 4 str. AT. Huzar, 1. All measurements were carried out on automated equipment.

The hourly traffic intensity is the highest in the fourth section, which is associated with the traffic interchange (international highway E85, suburban bus station and enterprises and warehouses), and the lowest traffic load is near the monitoring section #2 (park area and poor quality of the road surface).

In the monitoring areas, the noise level was exceeded both from motor vehicles (2.4-9.54 dB), motor vehicles and generators together (3.54-15.7 dB), as well as directly from generators (0.12-16.6 dB).

**Sheet 1**

**The results of measuring the noise level (dB) at the monitoring sites**

| № of monitoring site | Indicator №1 | Exceeding the MPC | Indicator №2 | Exceeding the MPC | Indicator №3 | Exceeding the MPC |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Monitoring site №1   | 66,54        | -                 | 75,94        | +5,94             | 86,0         | +16,0             |
| Monitoring site №2   | 57,02        | -                 | 62,72        | -                 | 70,12        | +0,12             |
| Monitoring site №3   | 72,40        | +2,40             | 74,68        | +4,68             | 86,60        | +16,60            |
| Monitoring site №4   | 79,54        | +9,54             | 85,70        | +15,7             | 82,02        | +12,02            |
| Monitoring site №5   | 66,74        | -                 | 73,54        | +3,54             | 69,54        | -                 |

Monitoring of the content of pollutants showed that formaldehyde is the most in the air in the central part of the city, where there are densely populated residential areas. Hydrogen chloride is also present in monitoring site 5, the MPC of which is higher than other points. Analysis of the ecological problem of noise and chemical pollution in the city of Chernivtsi outlined a range of urgent problems that need to be solved: excessive traffic load, along with the use of electric generators, are the main sources of both noise and chemical pollution of the city's air, which creates a rather high risk to the health of residents.

МАХНЯК А.Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ВАЖЛИВИЙ ІНСТРУМЕНТ В ПРОЦЕСІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; andrii.y.makhniak@lpnu.ua*

**Abstract.** The process of environmental monitoring involves systematic observations, methodical measurements, and continuous assessment of the natural environment and all its components. Artificial intelligence (AI) has become an important integration in environmental monitoring efforts. AI capabilities are utilized to address various tasks in the field of environmental monitoring, including forecasting and controlling air quality.

Однією з найактуальніших екологічних проблем, що негативно впливає на якість життя, економічне зростання та здоров'я людей, є забруднення повітря. Забруднення повітря є серйозною загрозою для здоров'я людини, що може спричинити розвиток раку, серцево-судинних захворювань та респіраторних захворювань. У продовж останніх декількох років серед дослідників спостерігається підвищений інтерес до використання штучного інтелекту (ШІ) для моніторингу якості повітря як дієвого інструменту у вирішенні даної проблеми.

Системи ШІ здатні надавати актуальну та точну інформацію про якість повітря в реальному часі. Алгоритми машинного навчання використовують дані з різних джерел, таких як датчики якості повітря, супутникові зображення та дані про погоду, для надання актуальної інформації про якість повітря. Такі алгоритми, здатні аналізувати дані та виявляти в них закономірності, можуть визначати джерела забруднення, оцінювати його масштаби та надавати рекомендації щодо зменшення забруднення повітря.

Для аналізу та прогнозування якості повітря в останні роки набули широко застосовування алгоритми ШІ як от штучні нейронні мережі (ANN), глибокі нейронні мережі (DNN), машини опорних векторів (SVM) та нечітку логіку. Проте, вибір моделі ШІ значною мірою залежить від того, яка інформація є необхідною та які саме забруднювачі повітря переважають у даному регіоні.

Ряд досліджень інструментів ШІ для прогнозування забруднення повітря на основі таких факторів, як ефективність, вхідні дані та частота використання методів ШІ показав, що найефективнішим інструментом для моніторингу навколишнього середовища на основі ШІ є глибокі нейронні мережі (DNN). У цей же час, на противагу їм проведені порівняльні дослідження інших методів/моделей, призначених для аналізу стану повітря які пропонують регресію вектора підтримки (SVR) та авторегресійну інтегровану ковзну середню (ARIMA) як найефективніші методи аналізу часових рядів твердих частинок (PM) діаметром  $<10\text{ }\mu\text{m}$  і діаметром  $<2,5\text{ }\mu\text{m}$ .

Використання гібридних моделей може забезпечувати кращу ефективність у політиці моніторингу та прийняття рішень щодо навколишнього середовища. Гібридні моделі поєднують властивості та переваги двох алгоритмів або методологій ШІ для прийняття обґрунтованих рішень щодо можливих наслідків від забруднювачів повітря, а також є більш надійними для прогнозування якості повітря.

ШІ для моніторингу якості повітря має ряд переваг перед традиційними методами. Системи ШІ здатні аналізувати великі обсяги даних з різних джерел та надавати комплексну картину якості повітря в реальному часі. Це в свою чергу дозволяє керівним органам приймати обґрунтовані рішення та швидко діяти для зменшення забруднення повітря. У порівнянні зі звичайними методами, системи ШІ забезпечують вищу точність збору та аналізу даних, що мінімізує можливість помилок та невідповідностей у даних про якість повітря. Крім того, алгоритми ШІ можуть надавати індивідуальні рішення для різних джерел забруднення та регіонів.

Моделі ШІ, аналізуючи дані з різних локацій та джерел, можуть розробляти індивідуальні стратегії щодо зменшення забруднення повітря, до прикладу, регулювати транспортні потоки, оптимізувати роботу промислових підприємств або пропонувати зміни для міського планування.

SLOBODYANYK V., LIKSO V., PERIH V. (UKRAINE, LVIV)

## EMISSIONS OF SOLID PARTICLES INTO THE AIR AND THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH

*Lviv Polytechnic National University 79000, 12 S. Bandera St., Lviv, Ukraine;  
valentyna.h.slobodanyk@lpnu.ua*

*Lviv Polytechnic National University 79000, 12 S. Bandera St., Lviv, Ukraine;  
Vitalii.Likso.mnERM.2024@lpnu.ua*

*Lviv Polytechnic National University 79000, 12 S. Bandera St., Lviv, Ukraine;  
Volodymyr.Perih.mnERM.2024@lpnu.ua*

**Abstract.** Over the past six months, Ukraine has faced several dust storms caused by the transport of dust from North Africa, Central Asia, and certain regions of Europe. These phenomena result from climate change, soil degradation, and anthropogenic factors such as land plowing and deforestation. Dust storms significantly deteriorate air quality and pose a serious threat to public health, especially due to the emissions of solid particles PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, which contribute to respiratory and cardiovascular diseases. To mitigate their impact, comprehensive measures must be implemented, including enhanced pollution monitoring, urban greening, the introduction of dust protection technologies, and restrictions on waste burning. The restoration of natural ecosystems, such as forest belts and wetlands, can serve as an effective means of minimizing the negative effects of dust storms and improving environmental security in Ukraine.

In recent months, Ukraine has experienced several dust storms that have severely affected air quality and public health. These phenomena have been caused by the transport of dust from various regions, particularly from the Caspian lowlands and Central Asia. Climate change and anthropogenic factors, such as land plowing and deforestation, contribute to the increasing frequency and intensity of dust storms. This underscores the need for comprehensive measures to reduce solid particle emissions and protect public health.

Dust storms occur due to increased air dryness, strong winds, and the absence of vegetation cover, which facilitates the dispersal of soil and sand particles into the atmosphere. The primary regions from which dust reaching Ukraine originates include:

- North Africa (Sahara, Egypt) – Large masses of sand and dust are lifted by winds and transported north across the Mediterranean Sea and into Europe.
- Central Asia and the Caspian region – Dry steppes of Kazakhstan, Turkmenistan, and Uzbekistan serve as sources of dust masses that are carried by air currents towards Eastern Europe.
- European countries (including the Balkans and Spain) – Some of the dust reaching Ukraine may originate from regions where wind erosion of soils is a significant problem.

Meteorologists record instances where dust storms form due to the combination of several factors: dry weather, high temperatures, and strong winds that lift dust to altitudes of several kilometers and disperse it over thousands of kilometers.

The solid particles released into the air during dust storms vary in size: PM<sub>10</sub> (diameter up to 10 µm) – Capable of penetrating the respiratory tract, causing irritation and allergic reactions, PM<sub>2.5</sub> (diameter up to 2.5 µm) – these fine particles penetrate deep into the lungs and can enter the bloodstream, increasing the risk of cardiovascular and pulmonary diseases.

The most vulnerable groups affected by dust storms include: individuals with chronic respiratory diseases (asthma, bronchitis), children, whose respiratory systems are not yet fully developed, elderly people, individuals with cardiovascular conditions.

Combating dust storms requires effective air pollution monitoring and the use of satellite data to provide timely warnings to the population. Urban greening helps reduce airborne dust levels, while the implementation of dust protection technologies in construction and agriculture aids in reducing dust concentrations. Limiting waste burning is also a crucial step in reducing additional emissions of pollutants.

To protect the population, it is recommended to use respirators, minimize outdoor activities during dust storms, and use air purifiers indoors. A comprehensive approach to addressing this issue will improve air quality and reduce the negative impact of dust storms on human health.

ДАНКО Ю.Ю., ВРОНСЬКА Н.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЯКІСТЬ  
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів*

**Abstract.** Military conflicts are a real disaster for the environment, leaving behind sad consequences that can last for decades. When analyzing the environmental impact of military operations, it is impossible to ignore air pollution caused by fires, explosions, and shooting. Intense emissions of toxic substances such as nitrogen oxides, sulfur dioxide, and soot are released into the air en masse, causing significant air pollution and threatening human health.

Військові дії в Україні суттєво вплинули на стан атмосферного повітря, що підтверджується змінами у промислових викидах у регіонах, які постраждали від бойових дій. Зокрема, зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин у традиційних промислових районах свідчить про значний вплив військових конфліктів на економічну діяльність та екологічний стан територій. Зменшення промислових викидів несе як позитивні, так і негативні наслідки: покращення якості повітря з одного боку та економічні виклики з іншого.

Військові конфлікти завдають значної шкоди навколишньому середовищу, спричиняючи довготривалі екологічні наслідки, які можуть тривати десятиліттями. Одним із найбільш помітних факторів впливу є забруднення повітря. Вибухи, пожежі, використання важкої військової техніки та боєприпасів викидають у атмосферу токсичні речовини, зокрема оксиди азоту, сірчаний діоксид, чадний газ і сажу. Це не лише погіршує якість повітря, а й спричиняє кислотні дощі, що руйнують ґрунти, водойми та рослинність.

Окрім повітря, значної шкоди зазнають і природні екосистеми. Військові дії руйнують ліси, степи та заповідні території, що веде до знищення середовищ існування багатьох видів тварин і рослин. Масове винищення флори та фауни загрожує біорізноманіттю, а відновлення природного балансу може зайняти десятки років.

Важливим аспектом є також забруднення водних ресурсів. Руйнування дамб, нафтоховищ і промислових підприємств спричиняє потрапляння токсичних речовин у річки та озера, що призводить до загибелі водних організмів і загрожує питним ресурсам. Забруднення підземних вод може залишити регіон без джерел чистої води на довгий час.

Також страждає і ґрунт. Військова техніка, вибухи та розливи пального призводять до забруднення земель важкими металами, нафтою та іншими небезпечними сполуками. Це не лише унеможливорює сільське господарство, а й становить загрозу для здоров'я населення через накопичення токсинів у продуктах харчування.

Військові дії в Україні спричинили значне забруднення атмосферного повітря, що стало серйозною екологічною проблемою. Вибухи, пожежі, руйнування інфраструктури призводять до викидів токсичних речовин, таких як оксиди азоту, сірчаний діоксид, чадний газ і сажу. Це не лише погіршує якість повітря, а й підвищує ризики захворювань органів дихання серед населення. Висока концентрація шкідливих часток може спричинити довготривалі негативні наслідки для здоров'я людей та екосистем. Крім того, військові дії можуть спричинити кислотні дощі, що призводять до деградації ґрунтів, пошкодження рослинності та забруднення водних ресурсів. Особливо небезпечними є випадки потрапляння в атмосферу радіоактивних і хімічних речовин унаслідок руйнування промислових підприємств. Важливо враховувати довготривалий вплив військових дій на кліматичні умови та глобальну екологічну безпеку.

Для зменшення наслідків необхідно проводити моніторинг стану повітря, розробляти стратегії очищення атмосфери та впроваджувати екологічні заходи. Збереження навколишнього середовища після військових конфліктів є важливим завданням для майбутніх поколінь та потребує комплексного підходу.

ТКАЧЕНКО А.С., ВРОНСЬКА Н.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СТАНЦІЙ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО  
ПОВІТРЯ ТА АНАЛІЗ ДОСТОВІРНОСТІ ОТРИМАННИХ ДАНИХ**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів*

**Abstract.** Monitoring stations for atmospheric air play a crucial role in assessing environmental conditions and ensuring the accuracy of collected data. However, the efficiency of these stations is influenced by various factors, including technical capabilities, location, and data processing methods. This paper evaluates the effectiveness of air monitoring stations, analyzes the reliability of the obtained data, and suggests ways to improve measurement accuracy.

Моніторинг стану атмосферного повітря є важливим інструментом екологічного контролю та оцінки рівня забруднення. Однак ефективність станцій моніторингу залежить від їхнього просторового розташування, технічного стану обладнання, частоти вимірювань і методів обробки даних. Оптимальне розміщення станцій має враховувати антропогенне навантаження, джерела забруднення та метеорологічні умови, що дозволяє забезпечити репрезентативність отриманих даних.

Достовірність вимірювань визначається якістю обладнання, регулярністю калібрування та відповідністю міжнародним стандартам. Автоматизовані станції з дистанційним контролем підвищують точність вимірювань і оперативність реагування. Важливим фактором є охоплення широкого спектра забруднюючих речовин, зокрема PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, оксидів азоту, сірчастого газу, аміаку та летких органічних сполук. Інтеграція локальних вимірювань із супутниковими даними та математичними моделями дозволяє отримати більш об'єктивну картину забруднення. Однак аналіз достовірності отриманих даних виявив низку проблем, що впливають на якість екологічного моніторингу.

Значний вплив на результати вимірювань мають метеорологічні фактори, які можуть спричиняти суттєві коливання концентрацій забруднюючих речовин у повітрі. Напрямок і швидкість вітру визначають розсіювання та перенесення забруднювачів: при слабкому вітрі шкідливі речовини накопичуються у приземному шарі атмосфери, тоді як сильні пориви можуть переносити їх на значні відстані, змінюючи локальний рівень забруднення. Температурні інверсії, коли холодне повітря залишається біля поверхні землі, а тепле накриває його зверху, сприяють утворенню смогу та концентрації забруднюючих речовин у нижніх шарах атмосфери. Вологість повітря може впливати на хімічні реакції між забруднювачами, зокрема сприяти утворенню вторинних аерозолів і кислотних дощів. Атмосферний тиск також відіграє роль: під час антициклонів (високого тиску) повітря застоюється, що сприяє накопиченню забруднень, тоді як цикли (низький тиск) зазвичай супроводжуються опадами, які можуть очищати повітря, вимиваючи частки забруднюючих речовин. Усі ці фактори необхідно враховувати під час аналізу даних моніторингу для отримання коректних висновків щодо реального рівня забруднення повітря.

Для підвищення точності вимірювань та ефективності роботи станцій моніторингу необхідно оптимізувати їх розташування відповідно до основних джерел забруднення, що дозволить отримувати більш репрезентативні дані. Впровадження автоматизованих систем збору та обробки інформації забезпечить мінімізацію людського фактора та підвищення точності вимірювань. Додатково використання методів дистанційного зондування та супутникового моніторингу дозволить отримати більш повну картину просторового розподілу забруднюючих речовин, що сприятиме оперативному реагуванню на зміни у стані атмосферного повітря. Сучасні методи обробки даних, зокрема статистичний аналіз, прогнозні моделі та технології штучного інтелекту, допомагають зменшити похибки та підвищити надійність екологічного моніторингу. Відкриті платформи для візуалізації даних у реальному часі сприяють інформуванню населення та прийняттю обґрунтованих рішень щодо охорони довкілля. Комплексний підхід до вдосконалення системи моніторингу дозволить підвищити достовірність отриманих даних та ефективність екологічного контролю.

МОТИЧКА І.Ю., КОЧМАР І.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПОЖЕЖІ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
79000, вул. Клепарівська, 35, Львів, Україна; [ldubzh.lviv@dsns.gov.ua](mailto:ldubzh.lviv@dsns.gov.ua)

**Abstract.** Natural ecosystems play an important role in absorbing and storing carbon, thus mitigating anthropogenic climate change. In recent decades, there has been an increase in average annual temperatures and a decrease in precipitation, which has led to an increase in the number and area of fires in natural ecosystems. These fires pose a great danger to the population and the ecological situation of many countries, and cause economic and social damage.

Природні екосистеми, такі як ліс, степ та луг відіграють важливу роль в поглинанні та утриманні вуглецю, пом'якшуючи таким чином антропогенну зміну клімату. Проте, протягом останніх десятиліть на глобальному та регіональному рівнях відбулося збільшення середньорічної температури та зменшення кількості опадів що призвело до загострення проблеми збільшення кількості і площ пожеж в природних екосистемах. Дані пожежі становлять велику небезпеку для населення та погіршують екологічну ситуацію багатьох країн, а також завдають значної економічної та соціальної шкоди.

Пожежі чинять негативний вплив на всі компоненти природних екосистем, адже викликають забруднення атмосферного повітря, впливають на формування кругообігу вуглецю, на тепловий режим та стан ґрунтів, на стан поверхневих і підземних вод, призводять до втрат біорізноманіття знищуючи тваринний і рослинний світ, викликають ерозію ґрунту, змінюють режими річок, а також завдають значної шкоди природно-заповідним територіям.

Площа лісових ділянок, що належать до лісового фонду України станом на початок 2021 року, становила 10,4 млн га, в т.ч. вкриті лісовою рослинністю – 9,6 млн га, лісистість України є однією з найнижчих у Європі та становить 15,9%. В найбільшій небезпеці знаходяться північний та східний регіони України, де щорічно буває в середньому відповідно 37 і 40 % усіх лісових пожеж, а починаючи з лютого 2022 року ведуться активні бойові дії, що значно підвищує ризики їх виникнення та зумовлює труднощі в їх локалізації та гасінні.

За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій протягом 2015-2023 років відбулося 16 355 лісових пожеж, загальна площа лісових насаджень, пройдена пожежами становила 1 257,1 тис. га., загальні збитки заподіяні лісовими пожежами становлять 9 321,5 млн. грн.

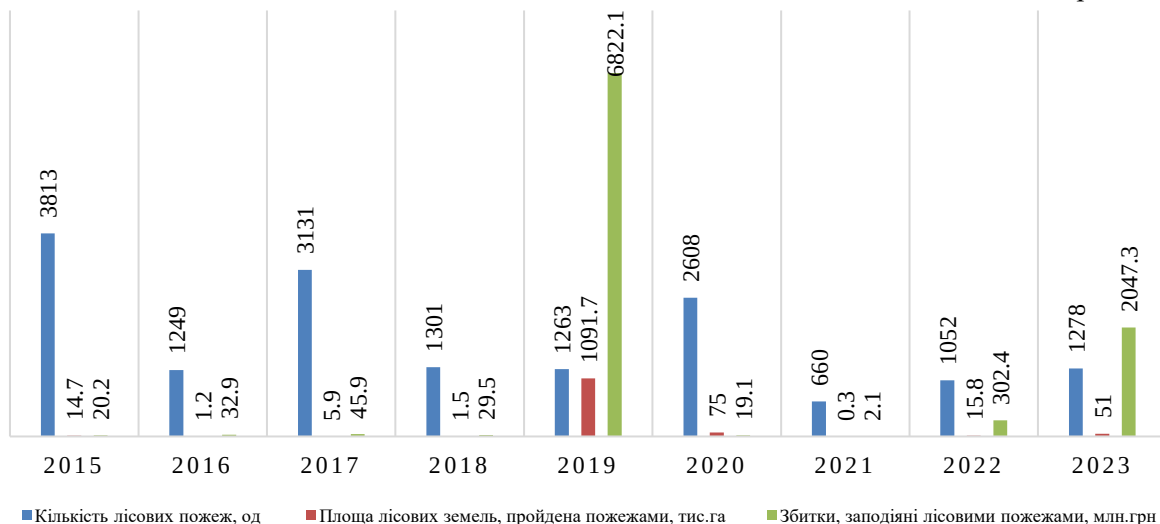


Рис. 1. Лісові пожежі в Україні 2015-2023 роки

У зв'язку з цим більшість держав, які страждають від інтенсифікації пожеж в природних екосистемах акцентують увагу на збереженні цінного природного капіталу. При цьому слід приділяти вагоме значення прогнозуванню, оцінці, моніторингу та моделюванню поширення пожеж, а також оцінці та прогнозуванню потенційних екологічних наслідків для довкілля.

НЕРУБАЦЬКИЙ В.П., ФАЛЄЄВ Ф.Р., ШАПОВАЛОВА Д.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)  
**АНАЛІЗ ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА  
 СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

*Український державний університет залізничного транспорту  
 61050, майдан Оборонний Вал, 7, Харків, Україна; faleev@kart.edu.ua*

**Abstract.** The state of atmospheric air pollution in our time is a serious problem, which is the cause of deterioration of the environmental, human health, and birth rate. Significant emissions into the atmosphere, which are the consequences of the rapid technological development of our society, cause a negative anthropogenic impact. Today, the issue of solving the problem of atmospheric air pollution is one of the most important for humanity.

Стрімкий технологічний розвиток суспільства сприяє появі великої кількості екологічних проблем. Однією з найбільших проблем при цьому є забруднення атмосферного повітря. Спричинене це виникненням нехарактерних для повітря хімічних та біологічних викидів, які перевищують природний рівень речовин складових повітря. Глобальною ця проблема є для найрозвиненіших країн світу, надшвидкий розвиток яких призводить до великої кількості викидів в атмосферу. Це, в свою чергу, спричиняє стрімке погіршення стану атмосферного повітря та сприяє появі нових викликів людству. Тому на сьогодні питання стану повітря є одним з найважливіших.

Одними з основних джерел забруднення атмосферного повітря є шкідливі викиди авто- та залізничного транспорту, що працює за рахунок застосування двигунів внутрішнього згоряння. Так, висока концентрація транспорту на двигуні внутрішнього згоряння призводить до суттєвого погіршення стану атмосферного повітря. Під час роботи двигуна утворюється вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ . Саме в момент його пуску і зупинки, та роботи в режимі холостого ходу, в атмосферу надходить велика кількість шкідливих речовин. Тепловози так само як і автотранспорт утворюють значну кількість шкідливих речовин, які надходять в атмосферу.

Натомість, ці аспекти майже відсутні на різних системах електричного транспорту. В результаті роботи електричних двигунів майже не надходить шкідливих викидів в атмосферу. У самому транспорті не відбувається процесів спалювання різних речовин, палива. Тому в атмосферу надходить відносно не велика частина шкідливих речовин. З цього маємо, що поступовий перехід з двигунів внутрішнього згоряння на електричні двигуни значно зменшить антропогенний вплив на загальний стан атмосферного повітря.

Електровози та електропоїзди, на відміну від тепловозів, мають значно менший вплив на стан атмосферного повітря. В цьому випадку, забруднювачем атмосферного повітря під час експлуатації електричного рухомого складу є лише металевий пил, що утворюється, головним чином, під час взаємодії колеса з рейкою. Вдихання цього пилу людиною може призвести до негативних наслідків здоров'ю та є небезпечним для життя людини.

Наслідками сукупності шкідливих викидів з транспорту, що має в своєму складі двигуни внутрішнього згоряння, є ритмічний негативний вплив на зміну клімату. В свою чергу це сприяє поширенню парникового ефекту. Крім того, надмірне поглинання  $\text{CO}_2$  людиною призводить до загострення наявних захворювань та погіршення загального стану самопочуття.

Таким чином, питання збереження якості та охорони атмосферного повітря є безумовно актуальним та одним з найважливіших. Саме пошук шляхів, що надади б можливості до запобігання або зменшення викидів шкідливих речовин, утворених під час експлуатації транспортних засобів та систем, які мають в своєму складі двигун внутрішнього згоряння, є ключем для поліпшення загального стану і наслідків від забруднення атмосферного повітря.

МЕЛЬНИК С.В., ГОНЧАРОВА Е.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ОКСИДАМИ АЗОТУ ПРИ УТВОРЕННІ ОПАДІВ ТА ПОВЕРХНЕВИХ СТІЧНИХ ВОД

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна: [office@kname.edu.ua](mailto:office@kname.edu.ua)

**Abstract.** The study investigates the level of atmospheric air pollution by nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and their impact on precipitation and surface runoff. The main sources of NO<sub>x</sub> emissions, including motor vehicles, industrial enterprises, and agriculture, have been identified. Laboratory analysis determined NO<sub>x</sub> concentrations in snow (1 mg/L) and rainwater (6 mg/L). Data on nitrogen oxide concentrations in the air of Kharkiv were presented, demonstrating variability depending on the time of day and the day of the week. The obtained results highlight the necessity of implementing measures to reduce air and water pollution.

Забруднення атмосферного повітря є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Викиди промислових підприємств, автотранспорту та сільськогосподарської діяльності спричиняють значне підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі, зокрема оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>), твердих частинок (PM) та інших токсичних сполук.

Оксиди азоту (NO<sub>x</sub>) – це група газів, до якої входять оксид азоту (NO) та діоксид азоту (NO<sub>2</sub>). Вони є одними з основних забруднювачів повітря і відіграють важливу роль у формуванні смогу, кислотних дощів та парникового ефекту.

Забруднення атмосферного повітря оксидами азоту (NO<sub>x</sub>) є серйозною екологічною проблемою, що впливає на здоров'я людей і довкілля. Основними джерелами викидів оксидів можна виділити автотранспорт (найбільший забруднювач повітря в містах через викиди з двигунів внутрішнього згоряння), ТЕС і промислові підприємства (горіння вихопного палива), сільське господарство (використання азотних добрив також сприяє викидам оксидів азоту). У результаті викидів оксидів азоту в атмосферу концентрація NO<sub>x</sub> в атмосферних опадах збільшується що може привести до забруднення цим компонентом інших середовищ. За результатами лабораторних аналізів концентрація продуктів розчинення NO<sub>x</sub> в снігу складає 1 мг/л, у дощовій воді 6 мг/л. У таблиці 1 показано концентрацію оксидів азоту в атмосферному повітрі міста Харкова за визначений період.

Таблиця 1.

**Концентрація оксидів азоту у повітрі Харкова**

| Час   | Концентрація оксидів азоту мг/м <sup>3</sup> |          |        |
|-------|----------------------------------------------|----------|--------|
|       | Вівторок                                     | П'ятниця | Неділя |
| 8-00  | 10                                           | 30       | 9      |
| 12-00 | 6                                            | 13       | 4      |
| 18-00 | 16                                           | 14       | 24     |
| 22-00 | 8                                            | 10       | 23     |

Дослідження підтвердило, що рівень забруднення атмосферного повітря оксидами азоту (NO<sub>x</sub>) в будні відбувається у час пік (8-00 та 18-00), а в вихідні дні наприкінці дня (18-00 та 22-00). Вирігідно, що основним забруднювач атмосферного повітря оксидами азоту є автотранспорт. Лабораторні аналізи показали наявність продуктів розчинення NO<sub>x</sub> у снігу (1 мг/л) та дощовій воді (6 мг/л), що свідчить про їхній вплив на інші природні середовища. Дані по Харкову вказують на варіативність концентрацій у повітрі, що потребує заходів з контролю та зменшення забруднення для покращення екологічного стану міста.

МАЛИЧКОВИЧ Х.Л., ОДНОРИГ З.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕНOSTІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ: АНАЛІЗ МОНІТОРИНГОВИХ ДАНИХ

Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна

**Abstract.** Monitoring the state of atmospheric air is a prerequisite for developing effective measures to improve the environmental situation in the region. The article analyses data obtained from six automated air quality monitoring stations in Lviv region and more than 15 stations of the «LUN City Air» public monitoring network. The main anthropogenic sources of air pollution are identified. Seasonal dependence of air pollution in the Lviv region.

Проблема забруднення атмосферного повітря є однією з ключових екологічних проблем урбанізованих територій України, зокрема Львівської області. Надмірне безперервне забруднення повітря антропогенними джерелами також знижує якість водного та ґрунтового середовища, біорізноманіття, негативно впливає на стан здоров'я людей.

Метою дослідження є оцінка сучасного стану забрудненості атмосферного повітря Львівської області з використанням даних стаціонарних станцій моніторингу та мережі громадського моніторингу, визначення основних джерел забруднення та розробка рекомендацій щодо покращення ситуації.

Дослідження базується на даних шести автоматизованих станцій моніторингу якості атмосферного повітря Львівської області (Війтик О., 2025) та понад 15 станцій мережі громадського моніторингу "ЛУН Місто Air", які щосекунди фіксують показники забруднення атмосфери. Проаналізовано динаміку концентрацій основних забруднюючих речовин: дрібнодисперсного пилу (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>).

Виявлено, що основними джерелами забруднення повітря у Львівській області є: автомобільний транспорт (близько 65% забруднення), промислові об'єкти: джерел підприємств енергетики, нафтогазовидобувної промисловості та підприємств, які використовують в якості палива природне вугілля (20%), опалювальні системи у зимовий період (10%) та інші джерела (5%). Аналіз даних моніторингу за 2023-2025 роки показав нерівномірний розподіл забруднення на території області. Концентрації забруднюючих речовин у повітрі Львова демонструють сезонну динаміку з погіршенням показників у зимовий період. Станом на березень 2025 року, середні показники PM<sub>2.5</sub> у Львові складають 44,3 мкг/м<sup>3</sup>, а PM<sub>10</sub> – 62,1 мкг/м<sup>3</sup>, що перевищує рекомендовані ВООЗ норми (ЛУН Місто, 2021). Додатково варто зазначити, що війна в Україні спричинила збільшення вантажних перевезень територією області. Проведене дослідження свідчить про необхідність розширення мережі моніторингу атмосферного повітря Львівської області, особливо у промислових зонах та транспортних вузлах. Розроблено рекомендації щодо зменшення забруднення атмосферного повітря, які включають: оптимізацію транспортних потоків міста, впровадження електротранспорту, модернізацію промислових об'єктів з встановленням сучасних очисних споруд, розвиток зелених насаджень у міській забудові. Отримані результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування для впровадження ефективної екологічної політики.

### Література:

1. Війтик О. Моніторинг якості повітря: скільки станцій працює на Львівщині. Суспільне Львів. 2025. URL: <https://suspilne.media/lviv/945155-monitoring-akosti-povitra-skilki-stancij-pracue-na-lvivsini> / (дата звернення: 09.03.2025).
2. Якість повітря у Львівській області: чи фіксують небезпечні показники і що на це впливає. Суспільне Львів. 2025. URL: <https://suspilne.media/lviv/954005-akist-povitra-u-lvivskij-oblasti-ci-fiksiut-nebezpechni-pokazniki-i-so-na-ce-vplivae> / (дата звернення: 09.03.2025).
3. Моніторинг якості повітря ЛУН Місто Air у Львові. ЛУН Місто. 2021. URL: <https://lun.ua/misto/lunmistoair-release-lviv> (дата звернення: 09.03.2025).

ТОПІЛЬНИЦЬКА Л.І., РУСИН І.Б. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ БІОДИЗЕЛЮ**

Національний університет “Львівська політехніка” 79013, вул. С.Бандери, 12, м. Львів,  
 Україна; [liudmyla.topilnytska.eo.2021@lpnu.ua](mailto:liudmyla.topilnytska.eo.2021@lpnu.ua)

**Abstract.** The growing demand for alternative fuels and the need to reduce greenhouse gas emissions are driving the active development of biodiesel production technologies. Traditional energy sources, including fossil fuels, cause significant environmental pollution, while biodiesel is a cleaner alternative. The introduction of innovative technologies allows for increased production efficiency, reduced production costs, and a transition to sustainable energy.

Використання традиційних джерел енергії, таких як вугілля та нафта, вже не може задовольнити зростаючий попит людства. До того ж, викиди вуглекислого газу від їх спалювання призводять до глобального потепління та становлять серйозну загрозу для довкілля. Альтернативою може стати біоенергетика, яка використовує відновлювані ресурси, є екологічно чистою та створює нові робочі місця. Ця робота зосереджується на ключових та інноваційних технологіях, які сприяють сталому та ефективному виробництву біодизелю.

Біодизель, один з видів біопалива, стає все більш популярним серед споживачів. На даний момент біодизель робить найбільший внесок у декарбонізацію в автомобільному транспорті. Середня економія парникових газів завдяки біодизелю становила 81% у 2019 році (WISTEMA 2023). Біодизель замінює викопне дизельне паливо в легкових і комерційних транспортних засобах, використовуючись у суміші дизелю, як правило, в кількості 7% (B7). Метою кліматичної політики є збільшення суміші до B20 - B30 і навіть B100 (VDB Zukunft tanken).

Біодизель можна отримувати з відновлюваних біологічних матеріалів, таких як рослинна олія, відпрацьована кулінарна олія, тваринні жири і олія з мікроводоростей (Arman et al. 2022). В Європі в основному використовується ріпакова олія, яку отримують з насіння ріпаку (*Brassica napus oleifera*). Це насіння має вміст олії від 40 до 45%.

Стандартне виробництво біодизеля включає хімічний процес, під час якого рослинна олія перетворюється на метиловий ефір жирної кислоти (FAME), біодизель, шляхом переестерифікації (Arman et al. 2022). Для цього у вихідний продукт додають метанол і каталізатор. Суміш нагрівають до 50 - 65 градусів. Через кілька годин утворюються два шари: сирий біодизель і гліцерин, ще один важливий побічний продукт. Надлишок метанолу відокремлюється від біодизеля, очищається і потім може бути використаний повторно (VDB Zukunft tanken).

Використання нових підходів до отримання біодизелю дозволяє знизити енергетичні витрати, збільшити вихід продукції та зменшити негативний вплив на довкілля. Такими інноваційними технологіями є підвищення продуктивності ліпідів водоростями, що досягається такими методами, як CRISPR/Cas, оптична стимуляція росту водоростей через використання сонячного світла та LED-технологій у фотобіореакторах, а також, електрична стимуляція водоростей для підвищеного синтезу ліпідів.

Нанотехнології відіграють важливу роль у підвищенні ефективності виробництва біодизелю 3-го покоління, особливо в таких аспектах, як покращення процесу каталізу, підвищення виходу біопалива та оптимізація методів очищення. Для цього перспективним є застосування нанокаталізаторів для прискорення хімічних реакцій, нанотехнологій для ефективного вилучення олій із водоростей і наночастинок в процесі культивування водоростей для покращення росту та збільшення виходу біомаси. Наночастинок металів (Ag, Cu, Fe) стимулюють фотосинтез у мікроводоростях, збільшуючи накопичення ліпідів. Наноплівки з  $\text{TiO}_2$  або графену зменшують втрати світла та покращують ріст водоростей. Використання наночастинок в процес екстракції ліпідів з водоростей знижує його енергозатратність та значно підвищує його ефективність. Нанофлюїди покращують дифузію та зменшують потребу в органічних розчинниках. Магнітні наночастинок для селективного вилучення ліпідів дозволяють швидко відокремлювати жири, зменшуючи втрати сировини.

ЛОМАЗОВ П. К., ПАВЛИЧЕНКО А. В. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ НА БАЗІ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,  
49005, пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, Україна; [rector@nmu.org.ua](mailto:rector@nmu.org.ua)

**Abstract.** This study explores air pollution forecasting using machine learning. Modeling techniques and statistical methods enhance data processing, trend detection, and anomaly identification. Algorithms like Random Forest, LSTM, and GBM are analyzed for effectiveness in environmental monitoring. A case study in Dnipro confirms their accuracy in predicting pollutant levels based on meteorological factors. Results show that machine learning improves forecasts by capturing complex relationships. These models have practical applications in urban management and real-time air quality monitoring.

Забруднення повітря впливає на здоров'я людей і довкілля, головними джерелами є транспорт, промисловість і природні фактори. Сучасні методи машинного навчання, як Random Forest і LSTM, дозволяють точно прогнозувати рівень забруднення, враховуючи взаємозв'язки між його джерелами та погодними умовами. Це сприяє ефективному екологічному моніторингу та міському плануванню.

Інтеграція метеорологічних змінних у машинне навчання покращує прогнозування забруднення повітря. Найефективніші алгоритми – Random Forest, LSTM, GBM, SVM та MLP. Random Forest добре обробляє статичні дані, але не враховує часові залежності. LSTM підходить для аналізу часових рядів, хоча потребує великих обсягів даних. GBM (XGBoost, LightGBM, CatBoost) забезпечує високу точність, але чутливий до шумів. SVM ефективний для малих наборів даних, однак має високу обчислювальну складність. MLP добре виконує нелінійне моделювання, проте поступається складнішим нейронним мережам у прогнозуванні часових рядів.

Порівняння алгоритмів машинного навчання в узагальненому вигляді можна переглянути в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння алгоритмів машинного навчання

| Алгоритм      | Часові ряди | Точність | Швидкість навчання | Інтерпретація | Обчислювальна складність |
|---------------|-------------|----------|--------------------|---------------|--------------------------|
| Random Forest | Так         | Висока   | Швидка             | Висока        | Середня                  |
| LSTM          | Так         | Висока   | Повільна           | Низька        | Висока                   |
| GBM           | Ні          | Висока   | Середня            | Середня       | Середня                  |
| SVM           | Ні          | Середня  | Повільна           | Висока        | Висока                   |
| MLP           | Ні          | Середня  | Швидка             | Низька        | Середня                  |

Вибір алгоритму прогнозування забруднення залежить від типу даних. Random Forest і GBM підходять для статичних даних, тоді як LSTM – для часових рядів. SVM і MLP ефективні для малих наборів даних. Їх комбінація, наприклад, GBM для вибору ознак і LSTM для аналізу часових залежностей, покращує точність. Поєднання Random Forest і LSTM дозволяє виділяти ключові фактори та прогнозувати довгострокові тренди, що робить систему більш ефективною.

Результати дослідження підтверджують ефективність алгоритмів машинного навчання у прогнозуванні забруднення повітря. Random Forest і GBM добре працюють зі статичними даними, тоді як LSTM ефективний для часових рядів. Поєднання цих методів покращує точність прогнозів. Моделі мають великий потенціал для міського управління, зокрема у системах раннього попередження та екологічного планування. Інтеграція з IoT-технологіями дозволяє отримувати дані в реальному часі, підвищуючи точність прогнозування.

Подальші дослідження можуть зосередитися на створенні гібридних алгоритмів, адаптації моделей до різних регіонів та розробці екологічних політик, що базуються на прогнозах.

В роботі використані матеріали наукових статей, що опубліковані в журналах категорії Б на теми прогнозування забруднення та використання алгоритмів машинного навчання.

ЖМУД В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## **ПОВІТРЯ ЯК ВАЛЮТА МАЙБУТНЬОГО: ЧИ ЗМОЖЕМО МИ КУПУВАТИ ЧИСТЕ ДИХАННЯ?**

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського", НН ІЕЕ. 03056, Вул. Борщагівська, 115/3, Київ, Україна; iee@iee.kpi.ua*

Проблема забруднення повітря є глобальним викликом, що суттєво впливає на здоров'я людей та економіку. В Україні промислові викиди, транспорт і енергетичний сектор є основними джерелами забруднення. За даними Держстату, у 2020 році викиди забруднюючих речовин сягнули понад 2,5 млн тонн. Забруднене повітря спричиняє 50 тисяч передчасних смертей щорічно та економічні втрати на рівні 3,8% ВВП країни. У відповідь на ці виклики розглядаються економічні інструменти, такі як податки на забруднення та торгівля квотами.

Екологічне оподаткування є одним із дієвих механізмів зменшення викидів. В Україні існує податок на викиди в атмосферу (ст. 243 Податкового кодексу), але його ставки є значно нижчими, ніж у ЄС, що знижує його ефективність. Додатковим інструментом є система торгівлі квотами на викиди, яка діє у ЄС та США, стимулюючи підприємства впроваджувати чисті технології. Україна потребує законодавчих змін для імплементації подібної системи.

Концепція «чистого повітря як товару» передбачає економічні стимули для підприємств, що впроваджують екологічні ініціативи. Міжнародний досвід демонструє ефективність таких механізмів, як фінансова підтримка проєктів із зменшення забруднення та компенсаційні платежі для бізнесу. У Китаї запроваджено систему «зелених сертифікатів», а в ЄС – податки на CO<sub>2</sub>, що фінансують екологічні програми. В Україні подібні механізми можуть допомогти зменшити забруднення у промислових регіонах.

Основними перешкодами для впровадження цих механізмів є слабкий контроль за дотриманням екологічних норм, корупція та недостатній рівень фінансування природоохоронних заходів. Необхідне посилення моніторингу викидів, зростання екологічних податків та створення законодавчої бази для ринку квот на забруднення. Співпраця з ЄС та міжнародними фінансовими інституціями може допомогти у впровадженні ефективної політики.

З юридичної точки зору, створення ринку чистого повітря вимагає комплексного законодавчого регулювання. Україна має прийняти нормативні акти, які б узгоджували систему екологічного оподаткування та квотування з європейськими стандартами. Важливим є і створення незалежного органу контролю за дотриманням екологічних норм, що забезпечить прозорість та справедливість у розподілі квот. Без чіткої правової бази реалізація концепції «повітря як товару» залишиться неможливою.

З моральної точки зору, продаж чистого повітря викликає етичні суперечки. Доступ до якісного довкілля є базовим правом людини, тому комерціалізація цього ресурсу може посилити соціальну нерівність. У країнах, де повітря сильно забруднене, лише багаті зможуть дозволити собі жити в екологічно безпечних зонах або користуватися системами очищення повітря. Це створює ризик того, що економічно незахищені верстви населення будуть змушені дихати забрудненим повітрям без можливості впливати на ситуацію.

Таким чином, впровадження механізмів торгівлі чистим повітрям є перспективним інструментом для боротьби із забрудненням, але потребує комплексного підходу. Поєднання економічних, правових та етичних аспектів може зробити цей механізм ефективним і справедливим. Україна має вивчати міжнародний досвід, розвивати законодавчу базу та залучати громадськість до обговорення цих питань, аби забезпечити право кожного громадянина на чисте довкілля.

ЛЕЩЕНКО М.Є., ПОДОРОЖКО К.Д. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## АНАЛІЗ ХІМІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ АТМОСФЕРИ ПІД ЧАС ВІЙНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДЗЗ ТА ЇХ ОСАДЖЕННЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського*

*«Харківський авіаційний інститут»*

*61070, вул. Вадима Манька, 17, Харків, Україна; [khai@khai.edu](mailto:khai@khai.edu)*

**Abstract.** The hostilities in Ukraine have resulted in massive destruction of infrastructure, significant human losses and negative environmental impact. One of the most vulnerable components of the ecosystem is atmosphere and soil, which has been directly and indirectly affected by the war. Military conflicts cause severe atmospheric pollution, leading to long-term environmental consequences. Explosions, bombings, and fires release toxic substances, greenhouse gases, and radioactive particles into the air, worsening air quality. Addressing these issues is crucial for developing strategies for environmental recovery and minimizing the harm that wars inflict on the planet.

Активні бойові дії призводять до забруднення атмосфери та подальше осадження забруднювачів в агроландшафтах. Це становить загрозу для мікробіологічного життя, призводить до втрати родючого шару та отруєння сільськогосподарських угідь. Особливо небезпечні важкі метали та вибухові речовини, які здатні проникати в підземні води, загрожуючи як сільськогосподарським територіям, так і джерелам питної води.

Небезпечні хімічні сполуки потрапляють в атмосферу, спричиняють захворювання дихальних шляхів людини, руйнують структуру та функції ґрунтової екосистеми, погіршують фізико-геохімічні властивості. Знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання - поширені наслідки воєнного навантаження.

Для дослідження було обрано територію Херсонської області. Використано космічні знімки в спектральних діапазонах NDVI і CO, що підвищує ефективність аналізу впливу хімічних забруднювачів атмосфери під час війни на стан атмосфери. Індекс CO дозволив встановити різку закономірність між вибухами на території Херсонської області в період з 18.07.2022 по 25.07.2022 та підвищенням вмісту чадного газу в нижніх шарах атмосфери з 0,01 моль/м<sup>2</sup> до 0,0375 моль/м<sup>2</sup> – рис.1

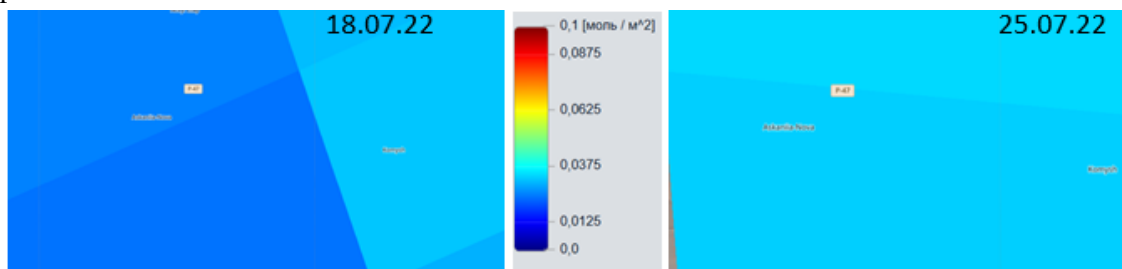


Рис.1. Космічні знімки досліджуваної території в спектральному індексі CO

Аналіз космічних знімків в діапазоні NDVI за даних період також дозволило встановити зменшення індексу з 0,6, що вказувало на здорову рослинність до 0,2, що вказує на значно пошкоджену рослинність та початок деградації агроландшафту під впливом хімічних сполук.

Дослідження виявило значний негативний вплив воєнних дій на атмосферу та ґрунти, що має далекосяжні наслідки для екології, сільського господарства та продовольчої безпеки.

НЕЧИПОРУК Т. А., РУСИН І. Б. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СТРАТОСФЕРНА АЕРОЗОЛЬНА ГЕОІНЖЕНЕРІЯ: МОЖЛИВОСТІ ТА РИЗИКИ

*Національний університет "Львівська політехніка"*

*79013, вул. С. Бандери, м. Львів, Україна:*

[tetiana.nechyporuk.eo.2021@lpnu.ua](mailto:tetiana.nechyporuk.eo.2021@lpnu.ua)

**Abstract.** Global warming threatens to significantly alter the climate system, and there is a risk of exceeding the 2,4 °C - 4,4 °C temperature threshold by the end of the century. Traditional methods of reducing CO<sub>2</sub> emissions, while important, may not be sufficient to meet the necessary climate goals, particularly due to the difficulty of reducing emissions in industrial sectors. Stratospheric aerosol geoengineering (SAI), which involves spraying aerosols into the stratosphere to reflect sunlight, could be a potential solution. However, the method has serious risks, such as disruption of weather conditions and damage to the ozone layer.

Глобальне потепління вже змінює кліматичну систему, і щоб запобігти найгіршим наслідкам, температура не повинна перевищувати 1,5 °C від доіндустріального рівня. Однак поточні тенденції вказують на можливе підвищення температури приблизно на 3,1 °C до кінця століття (Reuters, 2024). Традиційні методи скорочення викидів CO<sub>2</sub>, такі як підвищення енергоефективності, перехід на відновлювані джерела енергії та розвиток чистих технологій, хоч і є важливими, можуть виявитися недостатніми для досягнення кліматичних цілей. Значні обсяги викидів залишаються, особливо в промислових секторах, де зменшення вуглецевого сліду є надзвичайно складним завданням.

Введення у стратосферу аерозолів, так звана стратосферна аерозольна ін'єкція (SAI) була запропонована як глобальне потенційне геоінженерне рішення. Вона передбачає ін'єкцію аерозолу у верхні шари атмосфери для розсіювання сонячного світла і зміни теплового балансу атмосфери, імітуючи ефект охолодження, який спостерігається після великих вивержень вулканів. Наприклад, після виверження вулкана Пінатубо (Філіппіни, 1991) близько 20 мільйонів тонн діоксиду сірки потрапило в стратосферу, тимчасово знизивши глобальну температуру приблизно на 0,5 °C (The Guardian, 2022). Іншим варіантом є збільшення відбивної здатності морських хмар шляхом розпилення морської води в повітря (Kleinman Center for Energy Policy, 2024). Такі методи можуть швидко та відносно недорого знизити глобальну температуру. Однак, попри їхню потенційну ефективність, вони несуть значні ризики.

Введення аерозолів у стратосферу може змінити атмосферну циркуляцію, що вплине на рівень опадів у різних регіонах. Дослідження показують, що це може призвести до зменшення кількості опадів у деяких частинах Азії та Африки, де мусонні дощі є критично важливими для сільського господарства та водопостачання (Center for International Environmental Law, 2024). Крім того, SAI може спричинити пошкодження озонового шару та утворення кислотних дощів (The Guardian, 2022).

Відсутність належного міжнародного регулювання та нагляду за SAI викликає серйозні занепокоєння. Наразі не існує глобальної нормативно-правової бази, яка б контролювала дослідження або можливе впровадження SAI. Це створює ризик односторонніх дій окремих держав або організацій без належної оцінки потенційних наслідків. Щоб запобігти таким загрозам, необхідно розробити міжнародний договір під егідою ООН, який регулюватиме експерименти та можливе застосування SAI, забезпечуючи прозорість і контроль за його використанням. Це дозволить уникнути неконтрольованого або передчасного впровадження технології та сприятиме її безпечному застосуванню в глобальному контексті.

Локальне введення невеликих концентрацій стратосферних аерозолів кількох типів в різних регіонах планети, які не становитимуть ризиків для довкілля, під контролем комп'ютерного моделювання для точного передбачення наслідків геоінженерії можуть стати перспективними інструментами для тимчасового охолодження Землі та затримки росту температур в рамках реалізації основних методів кліматичного регулювання: скорочення викидів парникових газів і переходу на чисті технології.

**ГЛУХОВЕЦЬКИЙ Я.В., . ПЕТРУШКА І.М, МУШИНСЬКИЙ В.О., ГОРЕЦЬКИЙ Я.М.**  
**ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ДИФУЗІЇ ПИЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ**  
**ПІДПРИЄМСТВАМИ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Національний університет «Львівська політехніка»,*

*м. Львів, Україна*

Ризик розповсюдження пилового забруднення залежить від кількох факторів, зокрема: джерела пилового забруднення серед яких провідне місце займає будівельна промисловість та підприємства. Проте, якщо розглядати проблему необхідно враховувати наступні фактори: природні фактори; метеорологічні умови, швидкість і напрям вітру (сприяють переносу пилу); вологість повітря (висока вологість знижує запиленість); температура (високі температури сприяють випаровуванню і зниженню вологості, що збільшує ризик пилового забруднення); тип ґрунту та ландшафт; технологічні та екологічні заходи використання систем пиловловлення.

Прогнозування екологічного ризику пилового забруднення атмосфери передбачає оцінку рівня забруднення, аналіз факторів, що впливають на його поширення, та розрахунок можливих наслідків для навколишнього середовища і здоров'я населення. На даний час можна стверджувати, що внаслідок військових дій на території України наша держава стала однією з найбільш забруднених боєприпасами серед країн світу. Добре відомо, що під час детонації ракет і артилерійських снарядів утворюється ряд хімічних сполук: оксид вуглецю (CO), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), водяна пара (H<sub>2</sub>O), бурий газ (NO), закис азоту (N<sub>2</sub>O), діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), формальдегід (CH<sub>2</sub>O), пари ціанової кислоти (HCN), азот (N<sub>2</sub>), а також велика кількість токсичних органічних речовин, що окислюють навколишні ґрунти, деревину, торф, споруди.

Важливим фактором при прогнозуванні екологічного ризику пилового забруднення цементного пилу на довкілля використовується методика оцінки впливу на довкілля є метод Немерова. Метод Немерова широко використовується для оцінки забруднення довкілля, зокрема пилового забруднення, включаючи цементний пил. Цей метод дозволяє оцінити рівень комплексного забруднення та порівняти його з екологічними нормативами.

Метод базується на розрахунку індексу Немерова (PI<sub>N</sub>), який враховує як середнє забруднення, так і максимальні рівні концентрації шкідливих речовин.

$$PI_N = \sqrt{\frac{PI_{\max}^2 + PI_{\text{avg}}^2}{2a}} \quad (1)$$

де:

- $PI_{\max}$  – максимальний індекс забруднення серед усіх забруднюючих речовин.
- $PI_{\text{avg}}$  – середній індекс забруднення.

Проте вирішення даної залежності залежить від індексу забруднення для кожного елемента, що розраховується за формулою:

$$PI_i = \frac{C_i}{C_{\text{norm}}} \quad (2)$$

де

$C_i$  – фактична концентрація забруднюючої речовини у пробі.

$C_{\text{norm}}$  – гранично допустима концентрація (ГДК) для цієї речовини.

Висновок. Зі збільшенням  $PI_N$  зростає величина екологічного ризику впливу на навколишнє середовище, зокрема пилового забруднення частинками цементного пилу.

ДУБІЛЬ І.П., ВЕНГЕР Л.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ДОВКІЛЛЯ**

*Національний університет «Львівська політехніка» 79013, вул. Степана Бандери,  
12, Львів, Україна; entrance@lpnu.ua*

**Abstract.** Annotation. The use of renewable energy sources plays a crucial role in reducing environmental pollution and mitigating climate change. However, the efficiency and sustainability of renewable energy systems depend on various factors, including technological advancements, geographic location, and integration into existing infrastructure. This paper evaluates the environmental impact of renewable energy sources, analyzes the challenges of implementation, and suggests ways to optimize their use.

Використання відновлюваних джерел енергії є ключовим фактором у зменшенні викидів парникових газів та зниженні рівня забруднення довкілля. Проте впровадження альтернативної енергетики вимагає детального аналізу екологічних наслідків та розробки стратегій щодо мінімізації негативного впливу на природні екосистеми.

Достовірність оцінки впливу залежить від точності вимірювань, відповідності міжнародним стандартам та регулярного моніторингу. Автоматизовані системи контролю дозволяють виявляти зміну рівня забруднення під час експлуатації вітрових, сонячних та гідроелектростанцій. Інтеграція локальних вимірювань із супутниковими даними допомагає краще оцінити загальний екологічний баланс використання відновлюваної енергії.

Основні фактори впливу включають використання земельних ресурсів, зміну локальних кліматичних умов та можливий негативний вплив на біорізноманіття. Наприклад, вітрові електростанції можуть становити загрозу для птахів і кажанів, тоді як гідроелектростанції змінюють гідрологічний режим річок, що впливає на екосистеми водних ресурсів.

Сонячні електростанції потребують значних площ для встановлення, що може призводити до втрати природних ландшафтів та біорізноманіття. Крім того, процес виробництва сонячних панелей включає використання токсичних хімікатів, що може спричиняти забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Важливим є розробка екологічно чистих технологій виробництва та утилізації відпрацьованих панелей.

Оптимізація енергетичних систем, використання екологічно безпечних технологій та впровадження методів адаптивного управління дозволять підвищити ефективність відновлюваних джерел енергії. Відкритий доступ до екологічної інформації сприятиме формуванню свідомого підходу до енергоспоживання та стимулюватиме сталий розвиток суспільства.

Додатково, перспективним напрямком є розвиток гібридних систем, що комбінують кілька джерел енергії (наприклад, сонячну та вітрову енергію) для забезпечення більш стабільного енергопостачання. Важливим є також підвищення ефективності зберігання енергії за допомогою сучасних акумуляторних систем, що дозволить мінімізувати втрати та забезпечити безперервне постачання електроенергії.

ГАНЯК О.І., ПОПОВИЧ О.Р (УКРАЇНА, ЛЬВІВІ)  
**ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ВНАСЛІДОК  
ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ**  
*Національний університет "Львівська політехніка"*

**Abstract.** Military conflicts cause significant environmental pollution, especially due to the use of military equipment, explosions, and the destruction of infrastructure. Some of the most dangerous pollutants are fuel and lubricants, as well as heavy metals, which enter the soil, water, and air, creating a long-term threat to the environment and human health. These pollutants have a cumulative effect, making their presence in nature particularly hazardous. Heavy metals such as lead, cadmium, mercury, and uranium do not decompose naturally but poison ecosystems for decades.

Війна, окрім людських жертв та руйнувань, завдає непоправної шкоди довкіллю, зокрема, забруднюючи ґрунти, воду та повітря важкими металами. Це явище має довготривалі наслідки для екосистем та здоров'я людини.

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну 2022 року не лише спричинило гуманітарну катастрофу, але й завдало непоправної шкоди екології, зокрема, через масштабне забруднення довкілля важкими металами. Безпрецедентна інтенсивність бойових дій, використання різноманітних видів озброєння та руйнування промислових об'єктів призвели до небаченого раніше забруднення українських земель, вод та повітря. Вибухи боєприпасів, знищення військової техніки, руйнування промислових об'єктів та використання заборонених видів зброї, таких як боєприпаси зі збідненим ураном, є основними джерелами забруднення. Важкі метали, такі як свинець, кадмій, ртуть, хром, нікель, накопичуються в ґрунті, проникають у ґрунтові води, розносяться вітром, вивільняються при згорянні техніки та витікають з руйнованих підприємств. Це призводить до втрати родючості ґрунтів, забруднення річок, озер та ґрунтових вод, забруднення атмосфери, негативного впливу на здоров'я людей, спричиняючи різні захворювання, та знищення екосистем. Окрім безпосередніх наслідків, війна має каскадні екологічні ефекти, такі як руйнування лісів та екосистем, що призводить до втрати біорізноманіття, зміни клімату та погіршення якості повітря. Забруднення важкими металами також впливає на харчові ланцюги, що може призвести до накопичення токсичних речовин у продуктах харчування та негативно вплинути на здоров'я майбутніх поколінь.

Особливу увагу слід приділити територіям, де відбувалися інтенсивні бойові дії, таким як Донбас та південь України, які зазнали найбільшого забруднення. Важливо також враховувати, що забруднення не знає кордонів, і його наслідки можуть поширюватися на сусідні країни. Для подолання екологічних наслідків війни необхідно провести комплексний моніторинг забруднення, розробити стратегію відновлення, залучити міжнародну допомогу, впровадити сучасні технології, посилити екологічний контроль та підвищити екологічну свідомість. Відновлення екології України після війни – це довгостроковий процес, який вимагає спільних зусиль уряду, міжнародних організацій, науковців та громадськості.

ШЕСТОПАЛ А.С., РАДОМСЬКА М.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## АНАЛІЗ ВІДПОВІДНОСТІ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИНЦИПАМ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*ДУ «Київський авіаційний інститут»*

*03058, просп. Л. Гузара, 1а, Київ, Україна; m.m.radomska@gmail.com*

**Abstract.** The paper considers air pollution control technologies in terms of their sustainability. A special rating system was developed to analyze the level of sustainability of the typical emission control technologies. In particular, it was shown that the addition of recycling stage is the necessary element for the improvement of environmental performance of emission treatment technologies. The analysis demonstrated that extraction and transformation of sulfur dioxide possess the highest potential for meeting the criteria of circularity and sustainability.

Промислова діяльність є одним із ключових джерел забруднення атмосферного повітря. Викиди шкідливих речовин від підприємств енергетики, металургії, хімічної та агропромислової галузей суттєво впливають на якість повітря та здоров'я населення. За даними Державної служби статистики України, у 2022 році загальний обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел склав 2 238,6 тис. тон, що на 9% менше порівняно з 2021 роком. Проте навіть із цим зниженням Україна залишається серед країн з високим рівнем промислового забруднення. Основними шкідливими речовинами, які потрапляють у повітря внаслідок промислової діяльності, є діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), аміак ( $\text{NH}_3$ ) та леткі органічні сполуки (ЛОС).

Екологічні та соціальні виклики, спричинені забрудненням повітря, зумовлюють необхідність удосконалення методів його очищення. При цьому розвиток технологій очищення викидів промислових підприємств повинен не лише задовольняти вимоги щодо масової ефективності, але й враховувати принципи сталого розвитку. Зокрема, необхідним доповненням до методів очищення повинне стати забезпечення циркулярності. У даному контексті це означає, що вилучення шкідливих компонентів повинно поєднуватись з їх перетворенням у корисні та комерційно цінні продукти. При цьому, важливими є питання енергоефективності та раціонального використання ресурсів, а також принципів зеленої хімії.

З урахуванням цих чинників була розроблена шкала оцінювання технологій за згаданими параметрами по аналогії до відомої методики EcoScale, застосовується в зеленій хімії для оцінки відповідності реакцій принципам екологічності та сталості. Для згаданих основних забруднюючих речовин були проаналізовані методики очищення відхідних газів та обрані ті, які мають компонент циркулярності, тобто вилучення з перетворенням у продукт.

Для  $\text{SO}_2$  найбільш доцільним є волога десульфуризація газів, яка дозволяє утворювати гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), що застосовується у виробництві будівельних матеріалів. Зниження викидів  $\text{NO}_x$  можливе завдяки селективному каталітичному відновленню (СКВ), яке широко застосовується у газотурбінних установках та промислових підприємствах. Ця технологія дозволяє перетворити  $\text{NO}_x$  на азот і воду, що значно зменшує екологічну шкоду.

Аміак ( $\text{NH}_3$ ) потрапляє в атмосферу переважно з сільськогосподарських джерел, таких як використання азотних добрив та тваринницькі комплекси. Найефективніший метод його вилучення – абсорбція у кислотах, що дозволяє отримувати солі амонію, які можуть бути використані у виробництві добрив. Леткі органічні сполуки найчастіше доокислюють до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ , але цей підхід є неефективним з точки зору сталості та циркулярності. Тому більш перспективною є адсорбція на активованому вугіллі, що дозволяє зберігати органічні сполуки для подальшого використання, хоча даний метод потребує суттєвого удосконалення.

Найефективнішим методом очищення викидів, згідно з аналізом за запропонованою модифікацією шкали EcoScale, є волога десульфуризація  $\text{SO}_2$ , яка дозволяє отримати корисний продукт – гіпс. Найгіршим методом є адсорбція летких органічних сполук на активованому вугіллі, оскільки він має середню ефективність і не завжди дозволяє отримати корисні продукти, вимагаючи додаткової утилізації. Найменше піддається перетворенню аміак, оскільки процес його вилучення складний і потребує значних ресурсів, а не всі отримані продукти мають високу економічну цінність.

ГОЛУБ Т.С., МОЛЧАНОВ Л.С. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

ТЕРМОЛІЗ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ НАПРЯМОК ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ CO<sub>2</sub> В МЕТАЛУРГІЇ

*Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України  
49050, пл. Ак. Стародубова, 1, Дніпро, Україна; office.isi@nas.gov.ua*

**Abstract.** From an environmental point of view, ferrous metallurgy in Ukraine and in the world as a whole is considered an active “supplier” of a significant amount of carbon dioxide, which has a negative impact on global temperature indicators and the acidity of the biosphere. Currently, various more environmentally friendly methods of producing iron raw materials and structural products from it are being developed. One of them may be the thermal dissociation of ore oxides under conditions of reduced pressure and electromagnetic influence.

Згідно зі спостереженнями Глобальної лабораторії моніторингу NOAA, у 2021 році стрімке зростання кількості вуглекислого газу у атмосфері стало причиною двох третин загального приросту тепла на планеті [1]. Відповідно до звіту компанії Thomson Reuters Point Carbon в рамках роботи за проектом «Розбудова спроможності для низьковуглецевого зростання в Україні» «плановий випадок» кількості викидів CO<sub>2</sub> до 2050 р. в Україні передбачає формування 501 млн. тон CO<sub>2</sub>, не дивлячись на впровадження розумних «чистих» політик. З них за 143, 9 млн. т відповідна промисловість загалом, а третя частина припадає на чорну металургію [2]. З метою вирішення зазначеного аспекту створено державну програму «зеленої металургії», яка передбачає зниження викидів CO<sub>2</sub> до європейських цільових значень – не більше 250 кг/т сталі. В рамках зазначеної програми створюються інноваційні технологічні процеси виробництва сировини – заліза за рахунок використання різних відновників [3]. Проте існуючі на даний момент технічні рішення не вирішують аспекти забруднення довкілля оксидами вуглецю, а лише в певній мірі знижують їх. Виходячи з наведеного одним з найбільш актуальних завдань сучасної металургійної науки є розробка методів виробництва сировини – заліза та сплавів на його основі, які б виключали взагалі забруднення довкілля оксидами вуглецю. Таким процесом може стати термоліз оксидних матеріалів. Його наявність на даний час обмеження для умов чорної металургії пов'язані з необхідністю створювати зависокі температури. Однак термодинамічні розрахунки залежності температури початку реакції від тиску для умов реакцій розкладання вказаних оксидів показали, що зниження тиску у системі сприятиме протіканню реакцій в бік розкладання оксидів на метал та вільний кисень. При зниженні тиску на порядок відносно початкової температура розкладання знижується в середньому для Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на 6 %, для Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> на 7 % та для FeO на 10 % відповідно до рівнянь:

$$f(T) = 35,39 \ln P + 1673,9 \quad (R^2 = 0,98), \quad (1)$$

$$f(T) = 51,526 \ln P + 2408 \quad (R^2 = 0,97), \quad (2)$$

$$f(T) = 66,92 \ln P + 3224 \quad (R^2 = 0,91). \quad (3)$$

Також відомо, що вплив електромагнітного поля високої частоти (до 35 кГц) сприяє розділенню оксидів з видаленням кисню за рахунок змусених коливань складових кристалічної ґратки [4]. Поєднання вказаних впливів робить термоліз цікавою сферою досліджень для пошуку раціональних варіантів можливого впровадження у промисловість.

## Література

1. Lan X., Hall B.D., Dutton G., Mühle J., Elkins J.W., Vimont I.J. Long-lived greenhouses gases [in *State of the Climate in 2021*, Chapter 2: Global Climate]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2022. v. 103 (8), P. S81 – S84. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0092.1>
2. Прогнози викидів ПГ в Україні: шляхи до 2050 року. Thomson Reuters Point Carbon. URL: [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/UKR\\_UNDP-CO2-Forecast-Final.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/UKR_UNDP-CO2-Forecast-Final.pdf)
3. Zervas T., McMullan J. T., Williams B. C. Direct smelting and alternative processes for the production of iron and steel. *International journal of energy research*, 1996. v. 20. P. 1103 – 1128
4. Гришин О.М. Наукове обґрунтування та технологічні засади одержання залізо-хромістих губчастих лігатур для виробництва спеціальних марок сталі та порошкових матеріалів: дис. д-ра техн. наук: 05.16.02. Дніпро, 2024. 540 с.

ГОЛУБ Т.С., МОЛЧАНОВ Л.С., СЕМИКІН С.І. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

## ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КИСНЕВО-КОНВЕРТНОЇ ПЛАВКИ З ВЕРХНЬОЮ ПРОДУВКОЮ ЗА РАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВАЦІЇ КИСНЕВОГО ПОТОКУ

*Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України  
49050, пл. Ак. Стародубова, 1, Дніпро, Україна; office.isi@nas.gov.ua*

**Abstract.** The Ukrainian metallurgical complex is among the world leaders in terms of CO<sub>2</sub> emissions. The main route of steel production: blast furnace - oxygen converter, significantly affects the environmental situation and requires improvements. For the oxygen converting stage, the possibility of reducing CO<sub>2</sub> is associated with an increase in the amount of scrap metal in the charge. A new way to improve technological and environmental performance can be blowing with an activated with electric discharge oxygen flow with the formation of ozone.

Сталеплавильний комплекс України має застарілу технологічну структуру й у порівнянні зі світовими металургійними лідерами «випереджає» за показниками емісії CO<sub>2</sub> Китай на 12,5 % та у 2,3 рази країни Європи [1]. При виробництві сталі за технологічним маршрутом «доменна піч – кисневий конвертер» з часткою металобрухту 20 % кількість CO<sub>2</sub> у відхідних газах складає 1,6 – 2,0 т/т сталі, а кількість пилу складає 80 – 250 г/м<sup>3</sup> газу [2]. На даний момент масової альтернативи киснево-конвертерному способу виробництва сталі не створено. Тому актуальним є дослідження та розробка напрямків зменшення його негативного впливу на довкілля. Основним напрямком вирішення цієї задачі є підвищення частки металевго брухту [3], та покращення ефективності перебігу фізичних та хімічних процесів. Таким напрямком може бути використання озону, що проявляє більшу хімічну активність, ніж молекулярний кисень. Однак озон відрізняється низькою стійкістю, тому актуальним є розробка методів його синтезу безпосередньо на виході з продувної фурми. Це можливо завдяки впливу електричного іскрового розряду, який взаємодіє на виході з продувної фурми з газовим кисневим струменем й створює активовані часточки кисню й озон [4].

З використанням високотемпературної 60-кг моделі кисневого конвертера було проведено дослідження впливу верхньої продувки активізованим електричним іскровим розрядом струменя кисню на фізико-хімічні, теплофізичні та екологічні показники виплавки залізовуглецевого напівпродукту. Відмічено покращення ряду показників, які сприяють підвищенню ефективності перебігу процесу конвертування. Так застосування активованого кисневого потоку сприяло переважному окисленню вуглецю в металевій ванні, активному шлакоутворенню зі зниженням кількості виділеного пилу на 40 % відн. в період шлакоутворення й на 60 % відн. в основний період продувки при порівнянні з усталеною технологією. Також активізований кисневий потік сприяв більшому розігріву рідкої ванни на 100 – 150 °С, що може бути використано для переробки більшої частини металевго брухту на 78 кг/т сталі у завалку й скорочення викиду CO<sub>2</sub> за плавку на 10,45 кг/ т сталі. Отримані результати свідчать про значний екологічний потенціал використання електричної активації кисневого потоку в металургійній промисловості, а саме, при кисневому конвертуванні.

### Література

1. Цибка М.М., Романова К.О., Ворфоломеев А.В. Ресурсоефективне та чисте виробництво. Навчальний посібник. Київ, Демонстраційний компонент ЮНІДО «Ресурсоефективне та чисте виробництво» програми «Екологізація економіки країн Східного партнерства Європейського Союзу» (ЕаРСтКЕБІ), 2017. 84 с.
2. Ray S.K., Chattopadhyay G. & Ray A.K. Evaluation of dust generated from basic oxygen furnace steel making. *Journal of the Air & Waste*, 1997. v. 47 (6). P. 716 – 721. <https://doi.org/10.1080/10473289.1997.10463929>
3. Madhavan N., Brooks G., Rhamdhani M.A., Bordinon A., Contribution of CO<sub>2</sub> emissions from basic oxygen steelmaking process. *Metals*, 2022. v. 12. P. 797. <https://doi.org/10.3390/met12050797>
4. Семькин С.И., Голуб Т.С., Поркопенко П.Г. Стендовое исследование особенностей электрофизической активизации газового кислородсодержащего потока. *Сучасні проблеми металургії*, 2019. № 22. С. 94 – 103. <https://doi.org/10.34185/1991-7848.2019.01.10>

ПЕТРУШКА І.М., ЛАЦИК Н.В. (ЛЬВІВ, УКРАЇНА)

## АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В ЗОНІ ВПЛИВУ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Національний університет "Львівська політехніка", 79000, Ірпн.іа*

**Abstract.** The article examines the assessment of air pollution levels and the determination of the Air Quality Index (AQI). It provides a classification of pollution levels and their impact on human health. The methodology for calculating AQI based on the concentrations of major pollutants is described. Critical threshold values and their compliance with international standards are identified. The obtained results can be used for air quality monitoring and the development of environmental measures.

Метою даного дослідження є визначення рівнів забруднення атмосферного повітря твердими частинками різних фракцій (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub>) у зоні впливу ПрАТ «Івано-Франківськцемент» шляхом проведення цілодобових вимірювань концентрацій даних забруднювачів у двох контрольних точках – с. Клузів та с. Ямниця – протягом робочого дня з 8:00 до 20:00. Такий часовий проміжок дозволяє охопити період активної роботи підприємства та врахувати можливі викиди під час пікових виробничих навантажень.

Отримані дані використані для розрахунку індексу якості повітря (AQI), що дозволяє об'єктивно оцінити рівень забруднення та потенційні ризики для здоров'я населення, яке проживає поблизу підприємства.

Для оцінки якості повітря отримані значення порівнювалися з міжнародними стандартами порогових значень для PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub>. Окремих міжнародних стандартів для оцінки якості повітря за фракцією PM<sub>1</sub> на сьогодні не існує, однак дрібнодисперсні частинки PM<sub>1</sub> є особливо небезпечними для здоров'я, оскільки здатні проникати в альвеоли легень та потрапляти в кровоносну систему.

У результаті проведеного моніторингу концентрацій твердих частинок PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub> у двох контрольних точках було виявлено коливання рівня забруднення повітря протягом робочого дня. Годинні середні значення концентрацій дозволяють визначити періоди пікових навантажень.

Динаміка забруднення: найвищі концентрації PM<sub>1</sub> зафіксовані в обох точках, що свідчить про значну присутність найдрібніших частинок, характерних для зон впливу цементного виробництва; чітко виражені піки концентрацій спостерігаються близько 14:00 та 17:00-18:00; після 18:00 концентрації знижуються, що може бути пов'язано зі зменшенням виробничої активності.

Індекс якості повітря (AQI) розраховувався для кожного забруднювача (PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub>) за допомогою лінійної інтерполяції, з урахуванням концентрацій та відповідних меж AQI для різних діапазонів. Загальний AQI визначався як максимальний субіндекс серед PM<sub>2.5</sub> та PM<sub>10</sub> для кожної точки спостереження, що дозволяло оцінити стан повітря в с. Клузів та с. Ямниця.

Згідно з розрахунками, індекс якості повітря (AQI) для с.Клузів становить 67, а для с.Ямниця - 63, що відносить їх до категорії «Задовільне». Це свідчить, що для більшості здорових людей повітря в обох селах не становить загрози, хоча для чутливих груп може спричинити незначний дискомфорт.

Отримані дані є важливими для подальших заходів щодо зменшення забруднення повітря та покращення умов життя населення, особливо в зонах з підвищеним рівнем забруднення. Зазначений результат також може бути використаний як основа для впровадження програм та стратегій, спрямованих на зниження викидів пилу та захист здоров'я мешканців, зокрема в районах поблизу промислових об'єктів, де концентрація забруднюючих речовин може бути вищою.

ШЕЛЕМЕЙ Н.Є., ПЕТРУШКА К.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів, Україна; nazar.shelemei.eo.2021@lpnu.ua*

**Abstract.** This paper examines the impact of road networks, particularly automobile roads, on biodiversity and ecosystems. By emphasizing the importance of sustainable infrastructure design, the study advocates for a balanced approach that supports both human development and biodiversity conservation. This research highlights the urgent need for more environmentally conscious approaches in transportation planning to minimize the negative effects of roads on biodiversity and to protect ecosystems for future generations.

Автомобільні дороги стали невід'ємною частиною сучасної інфраструктури, що значно полегшує переміщення людей і товарів, сприяє економічному розвитку та соціальній інтеграції. Вони є основними транспортними артеріями, що зв'язують різні регіони, забезпечують доступ до природних ресурсів і життєвих зон. Однак, поряд із безумовними перевагами для суспільства, існує значний негативний вплив автомобільних доріг на навколишнє середовище та екосистеми. Вони не лише змінюють ландшафт і біорізноманіття, але й спричиняють забруднення, руйнують природні міграційні шляхи тварин, порушують гідрологічний баланс і можуть викликати довготривалі екологічні наслідки. Ось чому важливо звернути увагу на ці проблеми та розглядати можливі шляхи зменшення негативного впливу дорожнього будівництва на природу.

Будівництво автомобільних доріг має значний вплив на ландшафт. Для їх прокладання часто знищуються великі ділянки лісів, степів і болотистих територій, що порушує природні екосистеми. Відповідно, зникають природні середовища для багатьох видів флори та фауни, що призводить до зниження біорізноманіття. Вирубка лісів і осушення водно-болотних угідь у процесі прокладання доріг є прикладами порушення природного ландшафту, що, у свою чергу, змінює мікроклімат та енергетичний баланс території.

Забруднення — ще один важливий аспект, що виникає внаслідок наявності автомобільних доріг. Транспортні засоби є основними джерелами викидів вуглекислого газу, оксидів азоту та інших шкідливих речовин, що мають негативний вплив на атмосферу. Крім того, дорога може бути джерелом забруднення води та ґрунтів: стоки з доріг, які містять нафтопродукти, важкі метали, пестициди та інші токсичні речовини, потрапляють у водні ресурси, що негативно впливає на водні екосистеми. Забруднення також включає шумове забруднення, яке створюється інтенсивним рухом транспорту, що впливає на життя багатьох видів, особливо чутливих до шуму.

Однак сучасні технології та екологічні підходи дозволяють значно зменшити вплив доріг на природу. Одним із найефективніших методів є створення екологічних коридорів і підземних чи надземних переходів для диких тварин, що дозволяють їм безпечно перетинати дороги. Також важливим кроком є використання екологічно чистих матеріалів при будівництві доріг, що зменшує забруднення ґрунтів і води. Крім того, необхідно вжити заходів для зменшення шумового та атмосферного забруднення: застосовувати технології для зниження викидів і встановлення шумових бар'єрів.

Усе більше проектів дорожнього будівництва враховують екологічні чинники, що дозволяє мінімізувати шкоду для навколишнього середовища.

Автомобільні дороги, безумовно, є важливим елементом сучасної інфраструктури, але їхній вплив на екосистеми може бути значним. Для збереження біорізноманіття і природних ресурсів необхідно впроваджувати екологічно безпечні технології та враховувати всі екологічні фактори при проектуванні та будівництві доріг. Використання екологічних коридорів для тварин, розробка технологій для зменшення забруднення і впровадження екологічно чистих матеріалів можуть значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Збереження природи та сталий розвиток інфраструктури повинні йти рука об руку, щоб забезпечити гармонійне існування людини та природи.

КОРОЛЕВИЧ Н.М., ПЕТРУШКА К.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА АТМОСФЕРУ**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; [nazarii.korolevych.mees.2024@lpnu.ua](mailto:nazarii.korolevych.mees.2024@lpnu.ua)

**Abstract.** Russia's military aggression has caused catastrophic environmental damage in Ukraine, including pollution, damage to infrastructure, and disruption to essential services. The consequences of military activities on the atmosphere are of particular concern given the significant environmental impact of meteorological effects, weather effects and climate effects.

Глобальний вплив зростання мілітаризації. Війна в Україні призвела до зростання глобальної мілітаризації, що характеризується встановленням військового партнерства та ескалацією оборонних спроможностей серед країн НАТО. Це призвело до інтенсифікації виробництва у військово-промисловому комплексі, що сприяє збільшенню викидів парникових газів. Як наслідок, кліматичні зміни прискорюються, що робить виконання Паризької угоди про обмеження глобального потепління все більш складним завданням.

Загальний вуглецевий слід військової діяльності оцінюється приблизно в 5,5% (2 750 млн. т CO<sub>2</sub>e) від глобальних викидів. Виробництво військової техніки, що є матеріало- та енергоємним процесом, її експлуатація на полі бою, військові навчання, а також переробка та утилізація супроводжуються значним вуглецевим слідом.

Повномасштабне вторгнення російського агресора в Україну призвело до значного скорочення промислового виробництва, особливо в південних та східних регіонах країни. Це суттєво вплинуло на скорочення викидів в атмосферу, в тому числі парникових газів, у східних та південних регіонах України. За оцінками експертів, загальні викиди в атмосферу в Україні у 2022 році становили приблизно 120 млн т CO<sub>2</sub>e.

Наслідки війни також можуть мати довгостроковий вплив на зміну клімату та негативно позначитися на здатності країни адаптуватися до зміни клімату через руйнування та втрату ресурсів. Варто зазначити, що війна систематично порушує наземний моніторинг довкілля на більшій частині території України.

Забруднення повітря внаслідок бойових дій. Спостерігаються масштабні пожежі в лісах, постійні артилерійські та ракетні обстріли, рух військової техніки, що супроводжується порушенням ґрунтового покриву. Ці дії призвели до викидів в атмосферу тепла і продуктів згоряння (пилу, сажі, газоподібних і аерозольних домішок, у тому числі парникових газів).

Використання супутникових даних є надійним джерелом інформації, що суттєво допомагає в контексті дистанційного моніторингу довкілля, в тому числі на окупованих територіях. Аналіз даних про забруднення атмосферного повітря, отриманих за допомогою супутника Sentinel-5P над територією України в період 2019-2022 рр., дозволив виявити наступні результати:

- Середньорічний вміст NO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі становив  $7,7 \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$  моль/м<sup>3</sup>. У 2022 році цей вміст зменшився до  $7,1 \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$  моль/м<sup>3</sup>, хоча в окремі місяці року спостерігалось незначне збільшення вмісту; та
- середньорічний вміст SO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі становив  $36,4 \pm 4,3 \cdot 10^{-5}$  моль/м<sup>3</sup>, причому у 2022 р. вміст SO<sub>2</sub> дещо збільшився до  $36,8 \pm 4,3 \cdot 10^{-5}$  моль/м<sup>3</sup>, але в лютому спостерігалось різке зростання його вмісту;
- середньорічний вміст CO в атмосферному повітрі становив  $3,4 \pm 0,1 \cdot 10^{-2}$  моль/м<sup>3</sup>, а у 2022 р. вміст CO зменшився до  $3,1 \pm 0,1 \cdot 10^{-2}$  моль/м<sup>3</sup>, хоча в окремі місяці року спостерігалось незначне збільшення;
- середньорічний вміст формальдегіду в стовпі атмосферного повітря становив  $8,6 \pm 0,4 \cdot 10^{-2}$  моль/м<sup>3</sup>, а у 2022 р. вміст формальдегіду зменшився до  $8,1 \cdot 10^{-2}$  моль/м<sup>3</sup>, хоча в окремі літні місяці спостерігалось незначне збільшення вмісту;
- середньорічні значення індексу поглинання аерозолів становлять  $-1,07 \pm 0,04$ , а з серпня 2021 року значення індексу аерозолів зросло майже втричі до  $-0,34 \pm 0,06$ .

КРАЙНІК Ю.М. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ЯКІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТАХ СХІДНОЇ ЄВРОПИ В КОНТЕКСТІ ЗМІН КЛІМАТУ: ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

*Вінницький Державний Університет імені Михайла Коцюбинського  
21100 вул. Острозького, 32, , Вінниця, Україна; dekanat geo@gmail.com*

**Abstract.** The study examines the impact of climate change on air pollution in Eastern European cities. Key emission sources are identified, and strategies for adaptation are analyzed. European experience in air quality management is discussed.

Зміна клімату в 21 столітті має значний вплив на якість повітря в містах Східної Європи. Зростання середньорічних температур призводить до збільшення концентрації озону, оксидів азоту та твердих частинок. Антропогенні фактори, такі як автомобільний транспорт, промисловість, опалення та виробництво енергії, сприяють забрудненню повітря і негативно впливають на здоров'я населення.

Основними джерелами забруднення повітря є вихлопні гази транспортних засобів, промислові відходи та спалювання викопного палива на електростанціях. Дослідження показали, що забруднення повітря у великих містах тісно пов'язане з транспортом. Численні медичні дослідження підтвердили, що високі концентрації твердих частинок можуть викликати респіраторні та серцево-судинні захворювання.

Ефективні заходи для покращення якості повітря включають збільшення використання електричного громадського транспорту, розширення зелених зон, створення зелених коридорів та розвиток зон з низьким рівнем викидів. Європейський досвід показує, що комплексний підхід до контролю викидів та використання інноваційних екологічних технологій дозволяє значно зменшити забруднення повітря. Нідерланди, наприклад, створили спеціальні зони з низьким рівнем викидів у своїх містах.

Адаптація міст до нових екологічних викликів вимагає розробки державних програм з моніторингу якості повітря та посилення контролю за підприємствами-забруднювачами. Перехід на відновлювані джерела енергії, електрифікація транспорту та екологічна урбаністика є важливими напрямками забезпечення стійкого розвитку міст Східної Європи. Крім того, залучення громадськості до екологічних ініціатив та підвищення обізнаності населення можуть сприяти ефективнішій реалізації заходів зі зниження рівня забруднення.

Слід також враховувати регіональні особливості східноєвропейських міст. Наприклад, великі густонаселені міста потребують спеціальних заходів для регулювання транспортних потоків, тоді як у промислових центрах основна увага має бути зосереджена на модернізації виробництва. Уряди, науковці та громадськість мають спільно з народом працювати над розробкою та реалізацією ефективних екологічних стратегій для мінімізації впливу зміни клімату на якість повітря.

Україна вже стала членом енергетичного Євросоюзу, адже повністю синхронізувала енергосистему з європейською. Відновлювальна енергетика довела свою ефективність в умовах війни та обстрілів критичної інфраструктури України (2020-2025 рр.).

ЄВТУШЕНКО Н.С., ТВЕРДОХЛІСБОВА Н.Є. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВОСТІ НА АТМОСФЕРУ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, вул. Купичова, 2, Харків, Україна; [omsroot@kpi.kharkov.ua](mailto:omsroot@kpi.kharkov.ua)*

**Abstract.** The control of air pollution and protection from industrial emissions remain crucial challenges for modern society. The excessive release of pollutants surpasses the atmosphere's natural ability to self-purify, posing significant environmental and health threats. Key solutions involve enhancing fuel quality, adopting advanced filtration systems, and implementing low-waste or zero-waste technologies. Establishing closed-loop industrial systems can greatly minimize emissions and promote long-term ecological stability.

Контроль якості забруднень довкілля та захист атмосферного повітря від промислових викидів є надзвичайно актуальною проблемою сучасного суспільства. Довгий час очищення повітря відбувалося природним шляхом завдяки здатності атмосфери до самоочищення. Однак цей механізм не є безмежним: обсяги та швидкість сучасних промислових викидів, особливо у великих містах і промислових зонах, значно перевищують природні можливості їх нейтралізації. Головними джерелами забруднення атмосфери є викиди, пов'язані з господарською діяльністю людини. До недавнього часу основним забруднювачем повітря залишалися промислові підприємства. Контроль вмісту механічних і хімічних домішок у повітрі значною мірою залежить від ефективності очисних споруд. Одним із найдавніших методів зменшення локального забруднення атмосфери є використання заводських труб. Високі труби сприяють розсіюванню шкідливих речовин на більшій території, знижуючи їхню концентрацію біля джерела викидів. Крім того, вони можуть викидати забруднювачі вище рівня застою повітря, що сприяє зменшенню утворення смогу. Проте, коли на одній території функціонує велика кількість промислових об'єктів, зони дії їхніх труб перетинаються, що призводить до значного забруднення на широких просторах. Саме тому сучасні екологічні підходи зосереджені не лише на розсіюванні викидів, а й на їхній попередній технологічній обробці, зокрема шляхом рекуперації шкідливих речовин. Ще одним ефективним методом зниження рівня забруднення атмосфери є покращення якості палива. Це досягається шляхом попередньої обробки вугілля та нафтопродуктів з метою зменшення вмісту сірки та золи, а також застосуванням спеціальних добавок, які сприяють утворенню сполук сірки, що легше піддаються утилізації. Великі теплоелектроцентралі обладнуються високоефективними системами очищення, тоді як у малопотужних котельнях їх використання є малоефективним або неможливим. Тому важливу роль у зменшенні рівня забруднення повітря у містах та населених пунктах відіграє газифікація промисловості. Фундаментальним вирішенням проблеми забруднення атмосфери є розробка та впровадження безвідходних і маловідходних технологій. Це вимагає докорінних змін у проєктуванні промислових підприємств, створення складних технологічних комплексів, де всі відходи виробництва використовуються в межах системи. Головна мета таких технологій – формування територіально-промислових комплексів із замкнутими матеріальними потоками, що мінімізують негативний вплив на довкілля. Однак розробка та впровадження цих принципів – процес тривалий, що потребує значних ресурсів і комплексного підходу, спрямованого на гармонізацію промислового виробництва та збереження екологічної рівноваги.

Забруднення атмосферного повітря є серйозною екологічною проблемою, яка загрожує здоров'ю людей та стабільності екосистем. Незважаючи на природну здатність атмосфери до самоочищення, сучасні промислові викиди значно перевищують ці можливості. Для ефективного зниження рівня забруднення необхідний комплексний підхід: вдосконалення очисних систем, покращення якості палива, газифікація промисловості та впровадження безвідходних і маловідходних технологій. Створення замкнутих виробничих циклів дозволить мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити екологічну стійкість у майбутньому.

ШАБАН М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ**Національний університет «Львівська політехніка» 79013, вул. Степана Бандери,  
12, Львів, Україна

**Abstract.** Перехід на електромобілі є важливою складовою зменшення забруднення атмосферного повітря. У статті проаналізовано вплив електромобілів на зниження викидів парникових газів та твердих частинок. Розглянуто дані моніторингу якості повітря у містах із високим рівнем впровадження електротранспорту.

Проблема забруднення атмосферного повітря є однією з ключових екологічних проблем сучасних міст. Основними джерелами забруднення є транспортні засоби, що працюють на викопному паливі. Впровадження електромобілів сприяє значному зниженню викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), та твердих частинок (PM).

Метою дослідження є оцінка впливу електромобілів на якість атмосферного повітря на основі даних моніторингу та порівняльного аналізу з традиційними транспортними засобами.

Дослідження базується на даних станцій моніторингу якості повітря у містах із високим рівнем електрифікації транспорту, таких як Осло, Амстердам та Копенгаген. Проаналізовано динаміку концентрацій основних забруднюючих речовин: PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> та CO<sub>2</sub>.

Виявлено, що зростання кількості електромобілів призводить до зниження концентрацій шкідливих речовин у повітрі. Зокрема, в Осло рівень NO<sub>x</sub> знизився на 30% за останні п'ять років, а рівень PM<sub>2.5</sub> — на 20%.

Рекомендації включають стимулювання розвитку інфраструктури для зарядки електромобілів, податкові пільги та субсидії для власників електротранспорту, а також розширення мережі моніторингу якості повітря.

Отримані результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування для розробки ефективної екологічної політики та зменшення впливу транспорту на довкілля.

Література:

1. 3.Українська екологічна академія. Вплив електромобілів на навколишнє середовище. URL: <https://ecoacademy.ua>
4. Національна академія наук України. Екологічні переваги електротранспорту. URL: <https://nas.gov.ua>

ГРИГОР'ЄВ К.В., (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

# МОДЕЛЮВАННЯ ДОЗОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД РАДІОАКТИВНИХ ВИКИДІВ ПРИ УПРАВЛІННІ РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ТЕРИТОРІЙ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

54003, вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, Україна; kafecobezpeka@ukr.ne

**Abstract.** We solved the problem of modelling and operational forecasting of the integrated radiation load from atmospheric emissions from nuclear power plants. It is shown that the normalised values of effective doses can be used to predict the integrated radiation load expected during a person's lifetime. The stochastic generalisation of the results of dose load modelling using the established values of normalised doses allowed to establish models of radioecological risk per unit of radioactive substances released from nuclear power plants.

Питання оцінювання радіаційно-екологічної безпеки територій завжди мало актуальне значення, актуальним залишається й зараз через підвищення рівня загрози виникнення небезпечної ситуації в районі експлуатації атомних електростанцій. На сьогоднішній час існує чимало дозиметричних моделей, які присвячено формуванню радіаційного навантаження на людину при радіаційних аваріях на ядерних підприємствах. Найчастіше застосовують методи математичного моделювання, зокрема метод концептуальних (камерних) моделей перенесення радіонуклідів у довкіллі з подальшим відображенням у дозу опромінення людини. Нами вирішувалося завдання не лише визначення величин індивідуальної та колективної доз на населення, а можливість прогнозування інтегрального радіаційного навантаження. Блок-схему формування індивідуальної ефективної дози від газоаерозольних викидів АЕС наведено на рис. 1.

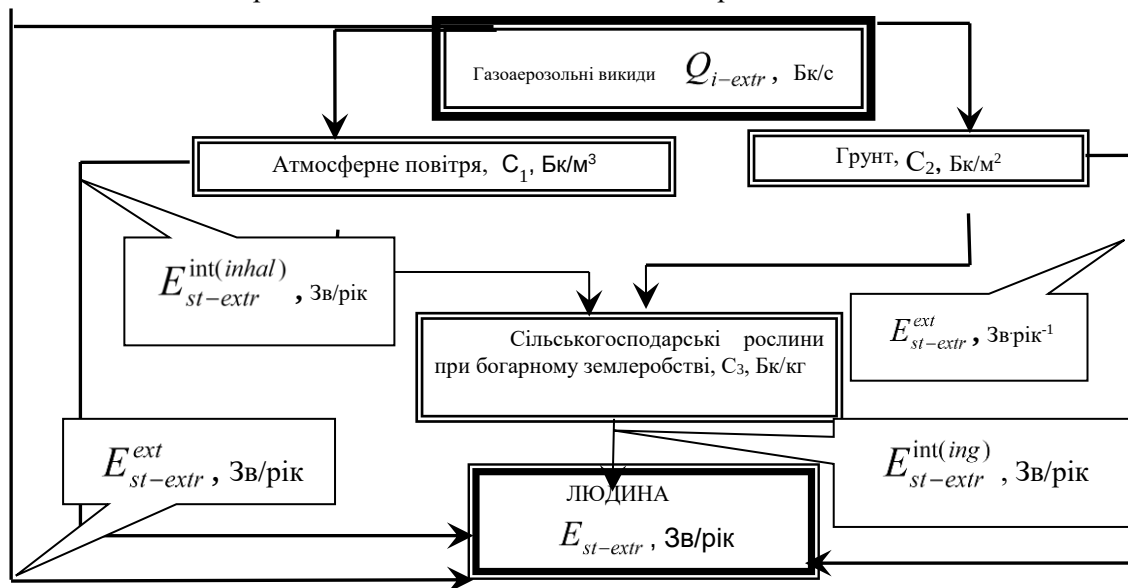


Рис. 1. Блок-схема формування радіаційного навантаження на людину від радіонуклідів, які надходять у довкілля з газоаерозольними викидами АЕС

Для реалізації такого завдання нами встановлювалися величини нормованих ефективних доз, а уніфікація здійснювалася за величиною викиду  $Q_{i-extr}$ :

$$e_{i,stat}^{inhal(ing)} = \frac{E_{i,stat}^{inhal(ing)}}{BRD_{stat}^{inhal(ing)}} = e_i^{inhal(ing)} \cdot \frac{I_{i-stat}^{inhal(ing)}}{Q_{i-extr}} = e_i^{inhal(ing)} \cdot \frac{I_{i-stat}^{inhal(ing)}}{Q_{i-extr}}$$

де  $e_{i-n}$  – “дозова ціна” джерела  $n$  іонізуючого випромінювання за радіонуклідом  $i$ ,  $Зв \cdot рік^{-1} / Бк \cdot м^{-2}$ ,  $Зв \cdot рік^{-1} / Бк \cdot с^{-1}$ ,  $Зв \cdot рік^{-1} / Бк \cdot л^{-1}$  залежно від  $BRD_n$ ;  $E_{i-n}^{inhal(ing)}$  – річна ефективна доза внутрішнього опромінення людини внаслідок інгаляційного або перорального надходження радіонукліду  $i$  до людини від джерела випромінювання  $n$ ,  $Зв \cdot рік^{-1}$ ;  $BRD_{i-n}$  –

базова радіаційна характеристика природного чи техногенного джерела  $n$  іонізуючого випромінювання, визначена за радіонуклідом  $i$ ,  $Bк \cdot м^{-3}$ ,  $Bк \cdot м^{-2}$ ,  $Bк \cdot л^{-1}$ ;  $e_i$  – дозовий коефіцієнт інгаляційного чи перорального надходження радіонукліду  $i$  до людини;

$\overline{I}_{i,n}^{inhal(ing)}$  – нормалізоване на  $BRD_n$  річне надходження радіонукліду  $i$  до людини.

За допомогою нормалізованих величин можна прогнозувати очікуване за життя людини інтегральне радіаційне навантаження. Стохастичне узагальнення результатів моделювання дозового навантаження за допомогою встановлених величин нормалізованих доз дозволило встановити моделі радіоекологічного ризику на одиницю викиду радіоактивних речовин з АЕС. Так, радіоекологічний ризик внаслідок газоаерозольних викидів АЕС за верхніми оцінками (для відстані 2,5 км від АЕС) –  $(1 - 10) \text{ мкЗв} / Bк \cdot м^{-2}$ .

СВІТЛИК О.Р., ВРОНСЬКА Н.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ ВИРУБКИ ЛІСІВ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; oleksandr.svitlyk.meoes.2024@lpnu.ua*

**Abstract.** This study examines the impact of deforestation on air quality in the Lviv region, particularly in the Carpathians. Deforestation increases the concentration of harmful particles and gases, disrupts the local microclimate, and raises health risks. The study suggests expanding protected areas, reforesting degraded lands, and enhancing deforestation monitoring to mitigate these effects and improve air quality.

Вирубка лісів у Львівській області, має значний вплив на якість повітря. Ліси виконують важливі екосистемні функції, такі як поглинання CO<sub>2</sub>, фільтрація забруднювачів та зменшення рівня аерозольних часток у повітрі. Втрата цих функцій через вирубку спричиняє підвищення концентрації часток PM10 і PM2.5, а також газових забруднювачів, таких як оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), озон (O<sub>3</sub>) і діоксид сірки (SO<sub>2</sub>). Водночас зменшується здатність лісів стабілізувати температурний режим та зберігати вологу, що призводить до підвищення температури повітря, що може збільшувати утворення тропосферного озону та вторинних органічних аерозолів.

За даними Державного агентства лісових ресурсів України, у період 2018-2023 років у Львівській області щорічно вирубувалося 8-10 тис га лісів, з яких значна частина припадала на санітарні та суцільні рубки. Особливо інтенсивна вирубка спостерігалася в Сколівському, Турківському, Дрогобицькому та Старосамбірському районах. Це безпосередньо впливало на підвищення рівня забруднення повітря: концентрація дрібнодисперсного пилу у цих районах перевищує гранично допустимі норми в 1,3-1,8 рази. У Львові та прилеглих населених пунктах рівень забруднення повітря за останні 5 років зріс на 10-15%.

Збільшення концентрації твердих часток та газових забруднювачів має негативний вплив на здоров'я місцевого населення. Відзначається зростання кількості випадків респіраторних та серцево-судинних захворювань. Зокрема, рівень бронхіальної астми та хронічних обструктивних захворювань легень зріс на 12% з 2018 року, що частково можна пояснити погіршенням якості повітря внаслідок вирубки лісів.

Окрім того, вирубка лісів підсилює парниковий ефект, оскільки зменшується здатність екосистем поглинати CO<sub>2</sub>. Це призводить до локального підвищення температури та зміни кліматичних умов у регіоні, що може мати довгострокові екологічні наслідки.

Для зменшення негативного впливу вирубки лісів на якість повітря необхідно впровадити ряд заходів. Одним із ключових кроків є розширення природоохоронних територій, таких як заповідники та природні парки, що допоможе зберегти природну здатність лісів очищати атмосферу. Також важливо активно відновлювати деградовані лісові ділянки, заліснюючи їх та використовуючи природні методи відновлення. Посилення контролю за вирубкою лісів і впровадження цифрових систем моніторингу дозволять зменшити незаконне знеліснення.

Важливим аспектом є також впровадження природоорієнтованих рішень у містах, таких як насадження дерев у міських агломераціях та створення зелених коридорів, що допоможе компенсувати втрати лісового покриву та покращити якість повітря. Крім того, необхідно активно переходити на екологічно чисті джерела енергії, щоб зменшити додаткове забруднення атмосфери внаслідок використання деревини як палива.

Вирубка лісів у Львівській області має суттєвий вплив на якість повітря, сприяючи збільшенню рівня вуглекислого газу, пилу та інших забруднюючих речовин в атмосфері. Зменшення лісового покриву послаблює природну фільтрацію повітря, спричиняє зміни у вологості та температурному балансі регіону. Це може призводити до погіршення здоров'я населення, зростання випадків респіраторних захворювань та загального погіршення екологічної ситуації. Для збереження якості повітря необхідно впроваджувати ефективні заходи щодо відновлення лісів, контролю вирубки та розвитку екологічно стійких практик у лісоторуванні.

КАЛИНОВИЧ С.Р., ЛЮТА О.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АЕРОВАНОЇ ЛАГУНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ «МОЛОДИХ» ТА «СТАРИХ» ФІЛЬТРАТИВ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; bg.sviat@gmail.com*

**Abstract.** In laboratory conditions, the influence of process implementation parameters on the efficiency of biological treatment of “young” and “old” landfill leachates on the aerated lagoon model was determined, which made it possible to propose ways to optimize treatment.

Незадовільний, а в деяких випадках критичний стан довкілля в різних регіонах України викликаний попереднім екологічно небезпечним господарюванням, недостатнім і незбалансованим фінансуванням природоохоронної діяльності, а також результатами військових дій агресора – росії за час російсько – української війни. У відповідності із стратегією збалансованого (сталого) соціально – економічного розвитку України з ціллю забезпечення високого рівня якості навколишнього середовища та гармонізації рівня якості і самовідновлення довкілля України до показників, що існують у Євросоюзі і в інших розвинутих країнах та регіонах світу, необхідно розробити нові та адаптувати існуючі природоохоронні технології. Серед цих технологій чинне місце належить технологіям, пов'язаним із поводженням із твердими побутовими відходами (ТПВ), зокрема із полігонами ТПВ. Одним із найбільш небезпечних наслідків захоронення ТПВ для навколишнього середовища є забруднення ґрунтів, а також поверхневих та підземних вод фільтраційними стоками (фільтратами). Враховуючи зазначені площі складування та захоронення ТПВ, а також середньорічний рівень опадів у 500 мм/рік і коефіцієнт стоку в межах 0,05–0,1, щорічно на полігонах та звалищах ТПВ в Україні утворюється від 2,2 до 5,0 млн м<sup>3</sup> фільтратів.

Ряд дослідників поділяють фільтрати сміттєзвалищ на «молоді» і «старі». Із збільшенням віку фільтрату вміст органічних забруднювачів, виражений через біохімічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХСК), поступово зменшується. При цьому, із збільшенням віку фільтрату різко знижується співвідношення БСК/ХСК, тоді як концентрація амонійного азоту (NH<sub>4</sub>–N) і рН фільтрату зростають. Такі зміни у складі фільтрату пояснюються анаеробними біохімічними процесами всередині тіла полігону, що відбуваються одночасно із утворенням звалищного біогазу. Старіння фільтрату зумовлює його природну стабілізацію, тобто зниження здатності фільтрату до біодеградації, що зменшує ефект біологічного очищення, насамперед за ХСК та NH<sub>4</sub>–N. Цей ефект можна пояснити збільшенням частки гумінових речовин, що не піддаються біологічному розкладанню, і одночасним збільшенням вмісту амонійного азоту, токсичного для мікроорганізмів. У ході досліджень встановлено кореляційні залежності зміни вмісту у фільтраті речовин, що спливають, та завислих речовин, концентрації сумарного азоту, амонійного азоту, рівня рН, БСК<sub>повн</sub>, БСК<sub>5</sub>, ХСК, у процесі його біохімічного аеробного очищення. Нами досліджено очищення фільтрату Львівського(Грибовицького) полігону ТПВ («старий» фільтрат) та фільтрату Червоноградського полігону ТПВ («молодий» фільтрат).

Порівняння проводили методом зрівняльного аналізу кінетики процесу біохімічного аеробного очищення двох типів фільтратів від амонійного азоту – одного із найнебезпечніших забруднень. Окиснення іонів амонію із «молодих» фільтратів відбувається швидше, крім того абсолютна кількість окиснених іонів амонію у процесі очищення «молодих» фільтратів набагато більша ніж їх кількість у процесі очищення «старих» фільтратів. Встановлена залежність кінетики очищення фільтрату від ступеня аерації показала, що в умовах лабораторної установки навіть мінімальні показники аерації забезпечують необхідну ступінь біологічного окиснення забруднень фільтрату. Дослідження показали, що оптимальним часом затримки фільтрату в реакторі є діапазон 10 діб. У цьому випадку досягається 35 % очищення фільтратів від іонів амонію і на 50% зменшення ХСК. Встановлено, що в умовах лабораторної установки іммобілізація біоценозу на насадкових тілах, які спеціально вносяться у систему, незначно збільшує ступінь очищення і не створює домінуючого впливу на кінетику очищення фільтрату. В результаті досліджень особливостей розвитку біоценозу аерованої лагуни встановлено, що денітрифікувальні бактерії ідентифіковані у біоценозі аерованої лагуни, а в фільтраті, який піддавався очищенню, їх не виявлено. Це свідчить про формування біоплівки бактеріями, які входять до складу цього біоценозу.

САГАЙДАК А.А., ЛЮТА О.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

*Національний університет цивільного захисту України  
79013, вул. С.Бандери, 12, Львів, Україна; andriana.sahaidak.eo.2021@lpnu.ua*

**Abstract.** The oil and gas industry is one of the largest sectors of the global economy, but its activities have a significant environmental impact. Greenhouse gas emissions, water pollution, soil degradation, and the risks of technological accidents pose serious threats to the environment and human health. Research on the environmental consequences of oil and gas extraction is highly relevant, as only the implementation of modern technologies and enhanced environmental control can reduce the damage. It is crucial to pay more attention to the ecological safety of this industry and develop effective mechanisms to minimize its negative impact. Only a comprehensive approach will ensure a balance between economic development and environmental preservation.

Нафтогазова промисловість відіграє ключову роль у забезпеченні енергетичних потреб людства, визначаючи економічний розвиток багатьох країн. Видобуток, транспортування та переробка нафти і газу є складними та капіталомісткими процесами, що потребують застосування найсучасніших технологій. Водночас діяльність цієї галузі супроводжується значними екологічними ризиками, які зачіпають атмосферу, водні ресурси, ґрунти та біорізноманіття.

Однією з найбільших загроз є забруднення повітря викидами парникових газів, зокрема метану ( $\text{CH}_4$ ) та вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), які сприяють глобальному потеплінню. Додатково, під час видобутку та транспортування в атмосферу потрапляють леткі органічні сполуки, оксиди сірки та азоту, що спричиняють кислотні дощі, смог та негативно впливають на здоров'я населення.

Забруднення водного середовища є ще однією критичною проблемою. Розливи нафти у світовому океані, скиди стічних вод, що містять токсичні хімічні речовини, а також витоки нафтопродуктів із трубопроводів призводять до загибелі морських екосистем, змінюють хімічний склад води та погіршують якість питної води. Особливо вразливими є регіони з інтенсивним морським видобутком, де витоки в море можуть мати довготривалі наслідки.

На суходолі негативний вплив проявляється через деградацію ґрунтів. Будівництво бурових майданчиків, прокладання трубопроводів та супутня інфраструктура часто призводять до знищення родючого шару ґрунту, втрати земель для сільського господарства та забруднення токсичними речовинами. У регіонах із складними геологічними умовами розробка родовищ може провокувати ерозію, зсуви та обвали.

Варто також відзначити ризики техногенних аварій, які можуть призвести до масштабних екологічних катастроф. Витоки нафтопродуктів, вибухи на газопроводах, розливи внаслідок аварій на морських бурових платформах неодноразово завдавали непоправної шкоди екосистемам. Особливо небезпечним є видобуток у населених районах, де екологічні загрози безпосередньо впливають на якість життя людей, зокрема погіршення здоров'я населення та зростання рівня захворювань дихальної системи у регіонах з інтенсивним видобутком. Забруднення природних територій негативно впливає на біорізноманіття, зменшуючи популяцію флори та фауни через руйнування природних середовищ існування. Викиди в атмосферу та скиди у водойми можуть призводити до загибелі риб, зниження врожайності сільськогосподарських культур і зміни екосистем на великих територіях.

Зважаючи на масштаби нафтогазової промисловості та потенційні екологічні наслідки її діяльності, дослідження впливу цієї галузі на довкілля є вкрай важливим. Особливу увагу слід приділити сучасним підходам до зменшення екологічного впливу нафтогазової промисловості. Використання екологічно безпечних технологій буріння, вдосконалення методів утилізації відходів, а також розвиток відновлюваної енергетики можуть допомогти знизити негативний вплив галузі на довкілля.

**ЧЕРНЕНКО Д. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)**

## **РОЗРОБЛЕННЯ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ**

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили*

*54003, вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, Україна; kafecobezpeka@ukr.net*

В умовах сучасних воєнних дій, що супроводжуються інтенсивним використанням радіолокаційних систем (РЛС), систем радіозв'язку, радіоелектронної боротьби (РЕБ) та інших високочастотних технологій, особливої актуальності набувають дослідження впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на довкілля й здоров'я населення. Накопичення наукових даних свідчить про багатогранність проблеми: від оцінки безпечних рівнів електромагнітних полів і розробки нормативних документів до впровадження систем екологічного моніторингу та виявлення потенційних ризиків у тривалих часових інтервалах.

Наша робота присвячена розробці критеріїв для оцінювання електромагнітного навантаження. Електромагнітне навантаження (ЕМН) є комплексним параметром, що відображає ступінь впливу електромагнітних випромінювань (ЕМВ) на навколишнє середовище, соціальні системи та екосистеми. Для ефективного оцінювання ЕМН необхідно розробити систему критеріїв, яка дозволить врахувати різні аспекти впливу випромінювань на соціоекосистему.

Наведемо основні принципи розробки критеріїв. 1. Комплексність: критерії повинні враховувати всі аспекти впливу ЕМВ, зокрема фізичний, біологічний, соціальний і екологічний. 2. Об'єктивність: розроблені показники повинні базуватися на вимірюваних параметрах, які можна оцінити незалежно від суб'єктивних факторів. 3. Масштабованість: критерії повинні бути придатними для застосування як на локальному рівні (окремі території), так і на регіональному чи національному рівнях. 4. Уніфікація. Для забезпечення порівнюваності результатів критерії повинні використовувати стандартні підходи до вимірювання та оцінки. 5.

Адаптивність. Умови військових дій можуть швидко змінюватися, тому система оцінки повинна бути гнучкою і легко адаптуватися до нових обставин.

В окрему групу можна виділити Екологічні критерії – які оцінюють зміни в екосистемах, спричинені ЕМВ. Це: Зміна структури екосистем: 1. Визначаються зміни в популяційній структурі рослин і тварин. 2. Деградація середовища проживання: Вивчається погіршення стану біотопів у зонах підвищеного ЕМН. 3. Втрата біорізноманіття: Оцінюється кількість видів, які зникають або зменшують свою чисельність. 4. Порушення природних циклів: Вивчається вплив на водний цикл, ґрунтові процеси тощо.

ТЕЛЕШОВА Х.О. МАЛЬОВАНІЙ М.С.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СТРИЙЩИНИ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; [krystyna.teleshova.eo.2021@lpnu.ua](mailto:krystyna.teleshova.eo.2021@lpnu.ua)*

**Abstract.** The article examines the main environmental issues of the Stryi district, including the pollution of the Stryi River, the presence of illegal landfills, industrial emissions from local enterprises (particularly the distillery), and the unsatisfactory condition of wastewater treatment facilities. The negative impact of dry vegetation burning on the environmental situation is analyzed. Possible solutions for improving the ecological situation are proposed, including stricter control over polluting enterprises, the introduction of fines for grass burning, and the modernization of wastewater treatment facilities.

Стрий – місто обласного значення у Львівській області, районний та адміністративний центр Стрийського району. Один із головних та найбільших транспортних вузлів Західної України, важливий економічний та культурний центр Львівської області. Місто розташоване на лівому березі річки Стрий. Населення міста – 60 тис. осіб, площа – 16,95 км<sup>2</sup>. Щільність населення становить 3518 осіб/км<sup>2</sup>. В геоморфологічному відношенні місто Стрий входить до складу Верхньодністерської алювіальної рівнини. В геоморфологічному відношенні місто розташоване в межах тераси р. Стрий. Геологічний розріз ділянки, до глибини 8,0 м, складений сучасними та четвертинними відкладами. Сучасні утворення представлені рослинним ґрунтом, четвертинні – суглинком та галькою. Рівень ґрунтових вод зафіксований на глибинах 5,3-5,8 м. Горизонт не напірний. Живлення його відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Місце розташування населеного пункту та геоморфологічна структура території зумовили її гідрологічні та гідрогеологічні умови. Територія належить до басейну річки Дністер, що в свою чергу належить до басейну Чорного моря.

Річка Стрий є важливою водною артерією регіону, однак її екологічний стан викликає занепокоєння. Недостатньо очищені стічні води скидаються безпосередньо у річку, що призводить до погіршення якості води та негативно впливає на водну екосистему. Зокрема, очисні споруди міста Стрий перебувають у вкрай незадовільному стані, що сприяє забрудненню річки та створює ризики для здоров'я населення.

Стихійні сміттєзвалища є ще однією серйозною проблемою Стрийщини. У багатьох населених пунктах району відсутні ефективні системи утилізації відходів, що призводить до утворення несанкціонованих звалищ. Це не лише псує естетичний вигляд територій, але й становить загрозу для ґрунтів, водних ресурсів та здоров'я мешканців.

Промислові підприємства, такі як спиртзаводи, також роблять свій внесок у забруднення навколишнього середовища. Неправильне поводження з відходами виробництва, зокрема скидання браги у відстійники, призводить до гниття та виділення неприємних запахів, що негативно впливає на якість повітря та здоров'я мешканців прилеглих територій.

Неефективність очисних споруд у населених пунктах Стрийщини є критичною проблемою. Багато з них функціонують неналежним чином або взагалі не працюють, що призводить до скидання неочищених стоків у водні об'єкти. Це сприяє поширенню патогенних мікроорганізмів та погіршенню санітарно-епідеміологічної ситуації в регіоні.

Спалювання сухої рослинності є поширеною практикою серед місцевого населення, однак вона має негативні наслідки для довкілля. Під час спалювання виділяються токсичні речовини, які забруднюють повітря, знищуються корисні мікроорганізми в ґрунті, а також підвищується ризик неконтрольованих пожеж.

Для покращення екологічної ситуації на Стрийщині необхідно вжити комплексних заходів. Серед них: посилення контролю за діяльністю підприємств-забруднювачів, впровадження ефективної системи утилізації відходів, модернізація очисних споруд та проведення інформаційних кампаній серед населення щодо екологічної безпеки. Також важливо запровадити штрафні санкції за спалювання сухої рослинності та стимулювати використання альтернативних методів утилізації рослинних решток.

Реалізація зазначених заходів сприятиме покращенню екологічного стану Стрийського району, збереженню біорізноманіття та підвищенню якості життя місцевого населення.

МИКИТИН Д.М., (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ВПЛИВ АТМОСФЕРНОГО ОСАДЖЕННЯ ІОНІВ СУЛЬФАТІВ (VI) ТА  
 ФОСФАТІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ГМІНИ СЛУПСЬК**

*Національний університет "Львівська політехніка"*  
 79013, вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна; [mikitindiana830@gmail.com](mailto:mikitindiana830@gmail.com)

Сучасні екологічні загрози значною мірою пов'язані з антропогенним навантаженням на навколишнє середовище, зокрема внаслідок атмосферного осадження хімічних сполук. Серед них іони сульфатів (VI) та фосфатів відіграють важливу роль, адже вони впливають на кислотно-лужний баланс ґрунтів, сприяють евтрофікації водойм і порушують природну рівновагу екосистем. Гміна Слупськ, розташована в північній частині Польщі, є типовим прикладом регіону, що перебуває під впливом цих факторів через близькість до аграрних і промислових зон.

#### Проблематика

Накопичення сульфатів та фосфатів у довкіллі відбувається через осадження з атмосфери, що, в свою чергу, є результатом викидів із сільськогосподарської діяльності (мінеральні добрива, стічні води), транспорту та промислових підприємств. У гміні Слупськ спостерігається зростання концентрацій цих іонів у ґрунтах та поверхневих водах, що спричиняє:

- Погіршення якості ґрунтів, їхньої родючості та біологічної активності;
- Евтрофікацію водойм — зменшення прозорості, надмірний розвиток водоростей, дефіцит кисню;
- Зниження біорізноманіття та деградацію екосистем.

Водночас, рівень моніторингу атмосферних опадів та аналізу хімічного складу у регіоні недостатній для комплексного реагування на загрозу.

#### Шляхи вирішення

Для покращення екологічного стану гміни Слупськ необхідно:

1. Запровадити постійний моніторинг атмосферних опадів з метою контролю вмісту іонів сульфатів і фосфатів у воді та ґрунтах.
2. Обмежити антропогенне навантаження шляхом зменшення використання фосфатних добрив, впровадження фільтраційних систем на підприємствах, а також покращення очищення стічних вод.
3. Створити інтегровану програму управління екологічною безпекою, яка включатиме просторовий аналіз даних, екосистемний підхід до землекористування та інформування місцевого населення про екологічні ризики.
4. Залучити наукові установи до аналізу динаміки забруднення й розробки практичних рекомендацій на основі GIS-даних та моделей поширення забруднювачів.

#### Висновки

Комплексний підхід до вирішення проблеми атмосферного осадження сульфатів і фосфатів дозволить зменшити техногенне навантаження на екосистеми гміни Слупськ, забезпечити раціональне природокористування та покращити якість життя населення.

ГРИГОРУС А. В., ЛЮТА О.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА МІСТА

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; artur.hryhorus.eo.2021@ukr.net*

**Abstract.** Climate change has a significant impact on cities, intensifying the "urban heat island" effect and creating additional health risks for the population. More frequent extreme weather events lead to infrastructure destruction, disruptions in public services, and challenges to food security. The deterioration of air quality and the increase in diseases in urban areas pose serious challenges for healthcare systems. The socio-economic consequences of climate change exacerbate inequality and may trigger new migration waves. To adapt, cities need to develop resilient infrastructure, implement energy-efficient technologies, and introduce water resource management systems.

Зміна клімату — це глобальне явище, яке має значний вплив на міста, де проживає велика кількість населення. Зростання середніх температур посилює ефект "міських островів тепла", що створює додатковий тиск на інфраструктуру та збільшує ризики для здоров'я людей, особливо вразливих груп, таких як діти, літні люди та особи з хронічними захворюваннями. Частішими стають екстремальні погодні явища, зокрема сильні дощі, шторми, посухи та спека, що може спричинити руйнування будівель, перебої в роботі комунальних служб та втрати сільськогосподарських урожаїв, загрожуючи продовольчій безпеці. Погіршення якості повітря в містах, зокрема через підвищений рівень озону та пилові бурі, збільшує ризики захворювань дихальної системи, що особливо небезпечно для людей з астмою та алергіями.

Соціально-економічні наслідки зміни клімату стають дедалі відчутнішими, посилюючи нерівність між різними верствами населення. Найбільших втрат зазнають малозабезпечені громади, які проживають у районах із недостатньо розвинутою інфраструктурою. Це може призвести до збільшення кількості кліматичних біженців. Окрім цього, зміна клімату впливає на енергетичні системи міст, підвищуючи навантаження на електромережі під час екстремальної спеки або холодів, що може спричинити перебої в електропостачанні. Також під загрозою опиняються транспортні системи через часті затоплення, пошкодження доріг та залізниць.

Для зменшення негативного впливу зміни клімату міста мають впроваджувати ефективні стратегії адаптації. Серед них — розвиток стійкої інфраструктури, створення зелених зон, які знижують температуру та покращують якість повітря, а також впровадження енергоефективних технологій і використання відновлюваних джерел енергії. Міське планування також має враховувати ризики зміни клімату, забезпечуючи стійкість житлових і комерційних будівель до екстремальних погодних умов.

Крім того, зміна клімату впливає на міські екосистеми, скорочуючи біорізноманіття та змінюючи природні водні баланси. Забруднення водойм через зливові стоки та підвищення температури води загрожує водопостачанню та здоров'ю населення. Вплив зміни клімату також відчутний у сфері економіки міст: зростають витрати на охорону здоров'я, відновлення інфраструктури та соціальну підтримку постраждалих груп.

Для зменшення цих ризиків необхідно посилювати міське озеленення, що сприятиме зниженню температури та затримці дощових вод. Використання інноваційних матеріалів у будівництві допоможе підвищити стійкість будівель до екстремальних погодних умов. Також важливо розвивати громадський транспорт, щоб зменшити викиди парникових газів та знизити залежність міст від автомобільного транспорту. Ефективне управління відходами та зменшення рівня забруднення атмосфери сприятиме покращенню умов життя в містах та підвищенню їхньої стійкості до змін клімату.

## **СЕМІНАР 2**

### **ОХОРОНА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

ПІСКУНОВ Д. Д., ТОПЧИЙ А.С., (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## GOOGLE EARTH ENGINE ЯК ІНСТРУМЕНТ АНАЛІЗУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»  
61070, вул. Вадима Манька (Чкалова) 17, Харків, Україна; d.d.piskunov@student.khai.edu

**Abstract.** Water pollution is a critical environmental issue worsened by technology and climate change. Monitoring hazardous discharges requires modern data analysis. Google Earth Engine enhances environmental control, especially for the Seym River. This study focuses on automating satellite data classification to improve monitoring and decision-making.

Аналіз екологічного стану водних ресурсів дозволяє контролювати якість води, запобігати забрудненню та зберігати екосистеми. Такий моніторинг допомагає уникати катастрофічних наслідків, як у випадку з річкою Сейм, де викид фруктози російським цукровим заводом спричинив хімічну реакцію, що призвела до зникнення кисню та масової загибелі організмів, викликавши вторинне забруднення.

Оперативний аналіз даних є ключовим у вирішенні таких проблем. Хмарна платформа Google Earth Engine дозволяє обробляти великі обсяги геопросторових даних та супутникових зображень у реальному часі. Розробка на JavaScript та його бібліотеки забезпечують інтерактивний інтерфейс, швидку обробку й візуалізацію екологічних показників.

Використання нормалізованих індексів забруднення та мутності води дозволяє отримувати класифіковані дані та експортувати їх. Завдяки додатку вдалося проаналізувати екологічний стан річки Сейм до та після викиду фруктози (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка забруднення р. Сейм.

| Клас (км2)/Дата            | 10.07.2024  | 10.09.2024  | 03.01.2025  |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Чиста вода (WPI)           | 1,868990849 | 0,183881585 | 1,911239425 |
| Напівзабруднена вода (WPI) | 0,35136214  | 1,110747308 | 0,46227728  |
| Забруднена вода (WPI)      | 0,054861623 | 0,979885556 | 0,236351152 |
| Прозора вода (NDTI)        | 2,176366158 | 0,524855604 | 2,369654141 |
| Мутна вода (NDTI)          | 0,098848847 | 1,749959087 | 0,240604221 |

Кількість території класу «Забруднена вода» зросла у 8 разів, мутність води досягла збільшення у 9 разів, а прозорість води знизилася в 10 разів. Отримані картографічні моделі екологічного стану р. Сейм (рис. 1).

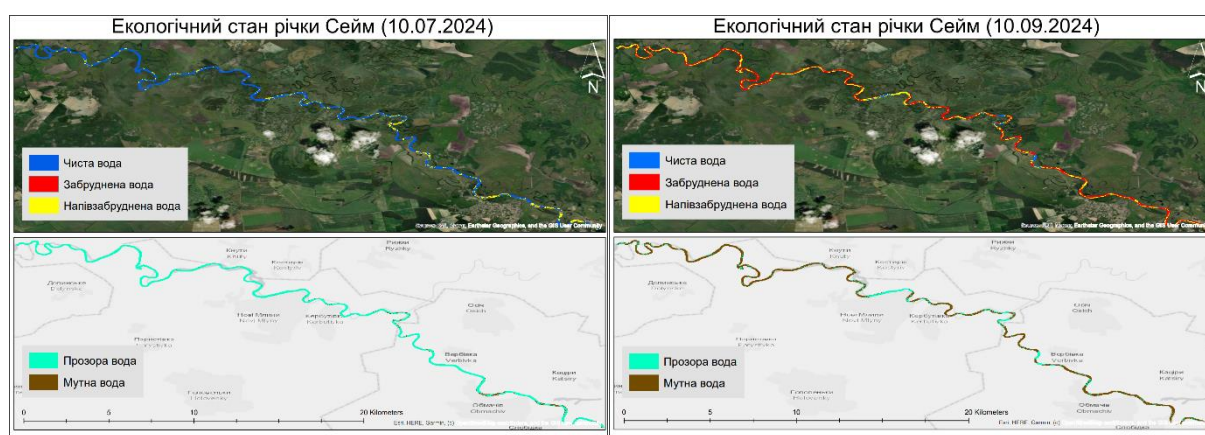


Рис. 1. Класифіковані дані екологічного стану р. Сейм (10.07.2024 – 10.09.2024; WPI; NDTI)

Таким чином, використання хмарної платформи Google Earth Engine сприяє підвищенню ефективності моніторингу техногенних катастроф пов'язаних з викидами небезпечних речовин до водойм. Підвищення швидкості збору вхідних даних та їх обробки для подальшого аналізу значно сприятиме прийняттю актуальних зважених рішень задля вирішення виниклих проблем.

КУЦАХ Р., ХІРІВСЬКИЙ П.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДИ РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ ТА ОСНОВНІ АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ

*Національний університет ветеринарної медицини та біотехнології  
ім.С.З.Гжицького*

79010, вул. Пекарська 50, Львів, Україна; kafedra\_ekolog@ukr.net

**Abstract.** Summarizing the above, we note that: the ecological state of the Poltva and Studyanka river basins is defined as "catastrophic", therefore urgent measures are needed here to protect and rationally use land and water resources; in the Luga, Pischatka and Gapa river basins, in order to improve the ecological situation (defined as "very bad"), it is necessary to take measures regarding land use in coastal zones, to increase the efficiency of treatment facilities; the ecological state of the Rata and Solokiya river basins is assessed as "bad". To improve the situation, first of all, it is necessary to take measures to increase the forest cover of the floodplain, reduce soil erosion.

У басейні Західного Бугу за умов високого рівня ґрунтових вод при такому водоспоживанні і відсутності організованого водовідведення сьогодні повсюдно спостерігається посилення процесів підтоплення, забруднення ґрунтових вод, колодязів і малих річок каналізаційними стоками та дренажами, а також змикання ґрунтових вод з поверхневими стічними. Запобігти цьому можна лише за умови спорудження у селах сучасних каналізаційних комплексів.

Наступним потужним фактором, що впливає на якість води в малих річках басейну, а також у самому Західному Бугу є нераціональне господарювання на прилеглих до річок територіях та водозборі. Якість води в річках тісно пов'язана з характером та інтенсивністю господарської діяльності в їх басейнах. Сучасний стан річок свідчить, що споживацьке ставлення упродовж десятиріч призвело до їх виснаження та забруднення.

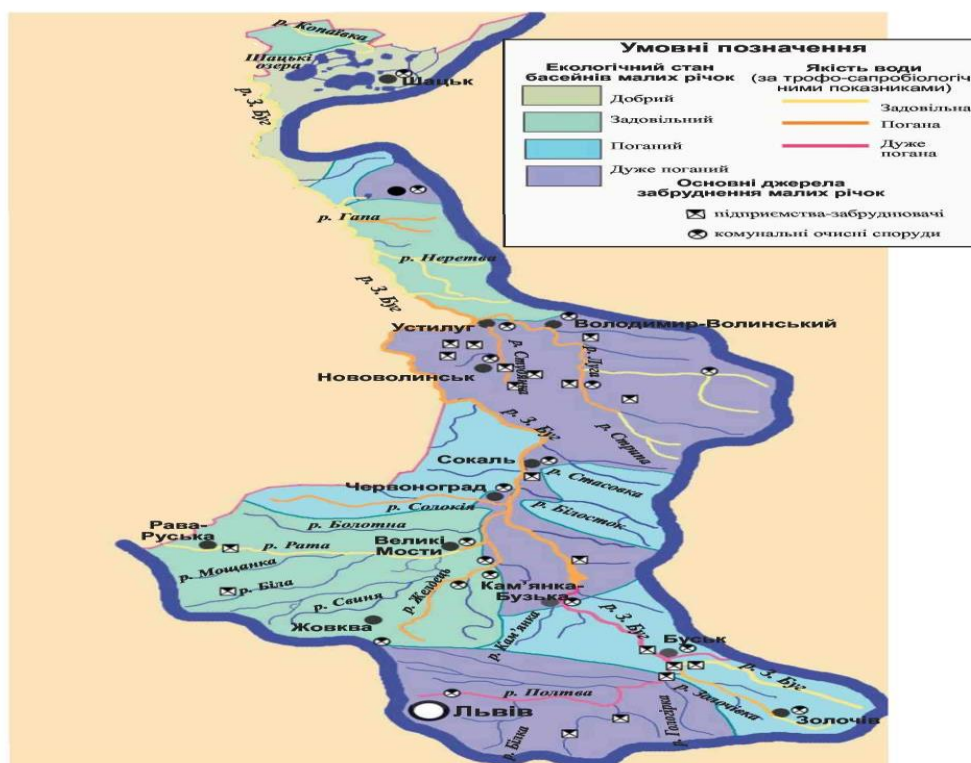


Рис. 1. Екологічний стан басейнів малих річок-приток Західного Бугу та якість води в них

СИРОЇЖКА І.О. (УКРАЇНА, КРОПИВНИЦЬКИЙ)

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ БПЛА ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ РІЧОК І ОЗЕР

*Українська державна льотна академія*

*25005, вул. Степана Чобану, 1, Кропивницький, Україна; Syroizhka\_Igor@sfa.org.ua*

**Abstract.** This study focuses on the development and optimization of UAV control algorithms for ecological monitoring of rivers and lakes. The proposed solutions integrate advanced navigation methods, computer vision, and sensor technologies to enhance data collection efficiency and environmental analysis. The findings demonstrate the potential of autonomous UAVs in reducing monitoring costs and improving real-time response to ecological changes.

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для збору екологічних даних дозволяє значно підвищити ефективність та оперативність досліджень, зменшити витрати на моніторинг та покращити точність отриманих результатів. Автоматизовані алгоритми управління БПЛА є однією з важливішою складовою цього процесу, оскільки забезпечують автономність, оптимізацію маршрутів та адаптацію до змінних умов навколишнього середовища.

Дослідження включає розробку та тестування алгоритмів управління БПЛА, які базуються на наступних підходах:

- Використання методів оптимального планування траєкторій з урахуванням рельєфу місцевості та метеорологічних умов;
- Застосування комп'ютерного зору для аналізу отриманих аерознімків;
- Використання сенсорних систем (спектральні камери, LiDAR, гідрохімічні сенсори) для збору даних про стан водних об'єктів;
- Інтеграція методів машинного навчання для автоматизованого аналізу екологічних параметрів.

Аналіз демонструє, що використання нейронних мереж та методів глибинного навчання сприяє підвищенню точності класифікації екологічних загроз, таких як викиди забруднюючих речовин, цвітіння води та зміни в морфології русел річок.

Для вирішення поставлених задач:

- Оптимізація методів навігації здійснювалася шляхом тестування різних алгоритмів прокладання маршрутів, зокрема алгоритмів A\* та Dijkstra, які забезпечують ефективне планування польоту в умовах змінного рельєфу;
- Автоматизована обробка аерофотознімків реалізована на основі глибоких згорткових нейронних мереж (CNN), що дозволяє точно ідентифікувати забруднення у водних об'єктах;
- Інтеграція сенсорних технологій здійснена через багатоспектральні камери та сенсори, що забезпечують аналіз параметрів якості води (рН, концентрація кисню, наявність шкідливих домішок);
- Оцінка ефективності алгоритмів проводилася через серію експериментальних польотів у різних умовах, результати яких порівнювалися за параметрами точності виявлення забруднень та ефективності маршрутизації.

Дослідження показують, що автономні БПЛА можуть значно зменшити витрати на моніторинг та підвищити оперативність реагування на екологічні зміни завдяки швидкому аналізу великих обсягів даних. Важливим аспектом є інтеграція сенсорних систем, які дозволяють проводити спектральний аналіз води, виявляти хімічний склад та фізичні параметри водойм у режимі реального часу.

Крім того, алгоритми оптимізації траєкторій забезпечують ефективне покриття заданих ділянок, що мінімізує витрати енергії та максимізує зібрану інформацію. Розвиток таких технологій відкриває перспективи для застосування БПЛА у довгострокових програмах моніторингу та оптимізації використання ресурсів для відновлення водних екосистем.

БЕЗЛЮБЧЕНКО О. С., ПШЕНИЧНИЙ Р. В. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ОХОРОНА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Чорноглазівська, 17, м. Харків, Україна; [elen4iksokol@gmail.com](mailto:elen4iksokol@gmail.com)*

**Abstract:** Water is a fundamental resource for human survival and ecosystem sustainability. However, pollution, resource depletion and climate change are seriously threatening water bodies around the world. This article discusses the main sources of water pollution, statistics on global water pollution and effective mitigation strategies. Particular attention is paid to modern wastewater treatment technologies, legislative measures and integrated water resources management. The need for international cooperation and sustainable policies to ensure water security for future generations is emphasised.

Водні ресурси відіграють ключову роль у підтримці життя та функціонуванні екосистем. Однак сучасний рівень їх забруднення та виснаження набуває критичних масштабів. За даними ООН, близько 2 мільярдів людей у світі не мають доступу до безпечної питної води, а 80% всіх стічних вод скидаються у довкілля без належного очищення. □cite□turn0search14□

Основними причинами забруднення водного середовища є неефективне поводження з промисловими та побутовими відходами, використання агрохімікатів, надмірне водоспоживання та зміни клімату. Для вирішення цих проблем необхідне комплексне впровадження сучасних технологій очищення води, міжнародна співпраця та посилення екологічного законодавства.

### Головні загрози водному середовищу

Хімічне та біологічне забруднення: щороку у водойми скидається понад 300 млн тонн хімічних відходів, зокрема важких металів (ртуть, кадмій, свинець) та канцерогенних сполук; понад 50% озер і річок у світі страждають від евтрофікації через надмірне використання азотних і фосфорних добрив; у світовий океан щороку потрапляє 8 млн тонн пластику, з яких 35% – це мікропластик, що завдає шкоди морським екосистемам.

Виснаження водних ресурсів: за останні 50 років споживання прісної води збільшилося втричі, а до 2050 року попит на воду зросте ще на 55%; надмірне використання ґрунтових вод призводить до виснаження підземних водоносних горизонтів. Наприклад, рівень води у Гангському басейні знижується на 0,3 метра на рік; через зміну клімату танення льодовиків може спричинити скорочення запасів питної води для 1,9 млрд осіб до 2050 року.

Деградація водних екосистем: за останні 50 років чисельність прісноводних видів скоротилася на 84%; будівництво гребель та каналів порушує природний стік річок, що призводить до зниження якості води та втрати середовищ існування для багатьох видів.

### Методи охорони водного середовища

1. Зменшення забруднення: використання мембранних технологій, таких як зворотний осмос та нанофільтрація, дозволяє ефективно видаляти забруднювачі з води; додавання спеціалізованих мікроорганізмів для розкладання органічних забруднювачів у стічних водах; застосування активованого вугілля для видалення органічних сполук та покращення смакових якостей води.
2. Раціональне використання водних ресурсів: впровадження водозберігаючих технологій у сільському господарстві; рециркуляція та повторне використання води у промисловості; модернізація інфраструктури та усунення витоків у міських системах водопостачання.
3. Захист та відновлення водних екосистем: встановлення заповідних зон для збереження біорізноманіття та відновлення природних екосистем; реалізація проектів з відновлення болотних територій для покращення якості води та збереження середовищ існування.

Охорона водного середовища є комплексним завданням, яке потребує взаємодії держави, громадськості та бізнесу. Запровадження екологічних норм, раціональне використання води та відновлення природних екосистем допоможуть зберегти водні ресурси для майбутніх поколінь.

В роботі використані матеріали: Скільки питної води лишилося на землі? [Електронний ресурс]. URL: <https://skandinavia.com.ua/ua/blog/skilki-pitnoi-vodi-lishilosya-na-zemli/>; Забруднення річок – проблема світового рівня. [Електронний ресурс]. URL: <https://sdplatform.org.ua/blogs/riverpollution>

СИСОСВА Ю.І., ЛАВРИНЮК З.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ВИКОРИСТАННЯ ПІМ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ $\beta$ -НАФТОЛОВОГО ОРАНЖЕВОГО ІЗ ПРИРОДНИХ ТА СТИЧНИХ ВОД

Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, вул. проспект Волі, 13, Луцьк, Україна; post@vnu.edu.ua

**Abstract.** An innovative method for the extraction of certain cationic dyes from aqueous solutions using polymeric inclusion membranes (PIMs) with a meso-octamethylcalix[4]pyrrole-transporter was developed. The main attention was paid to the efficiency of transport of  $\beta$ -naphthol orange (AO7) and the factors affecting the rate of this process. The experimental results confirmed the high efficiency of the developed technology and the possibility of its repeated use. The obtained results can contribute to the development of modern technologies for reducing water pollution and their implementation in industry.

Дослідження ефективності полімерних мембран у практичній частині базується на експериментальних вимірюваннях транспорту іонів металів. Було проведено серію експериментів із використанням різних концентрацій барвника у фазах живлення та отримання. Результати дослідження представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Середня концентрація барвника після взаємодії із мембранами різної концентрації у двох фазах

| Концентрація нафтолого оранжевого | $\beta$ - $\Sigma$ концентрація мг/л фази живлення (Мембрана 1) | $\Sigma$ концентрація мг/л фази отримання (Мембрана 1) | $\Sigma$ концентрація мг/л фази живлення (Мембрана 2) | $\Sigma$ концентрація мг/л фази отримання (Мембрана 2) |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 100 мг в 0,1 М NaOH               | 42,296                                                          | 17,094                                                 | 47,673                                                | 19,851                                                 |
| 10 мг в 0,01 М NaOH               | 5,815                                                           | 10,354                                                 | 8,389                                                 | 10,433                                                 |
| 50 мг в 0,01 М NaOH               | 12,531                                                          | 9,872                                                  | 14,211                                                | 8,765                                                  |
| 50 мг в 0,1 М NaOH                | 13,650                                                          | 8,296                                                  | 15,437                                                | 8,989                                                  |
| 50 мг в 1 М NaOH                  | 19,483                                                          | 10,434                                                 | 21,346                                                | 11,624                                                 |

Ефективність транспорту зростала зі збільшенням вмісту калікс[4]піролів у мембрані до 0,050 М (рис. 1). Насичення ПІМ носієм відбувалося при концентрації калікс[4]піролу в мембрані 0,050 М (на об'єм пластифікатора). Швидкість транспорту, визначена для цієї концентрації носія, становила максимум 1,45 моль/м<sup>2</sup>с.

Представлена мембрана має можливість багаторазового використання завдяки своїй високій придатності до застосування. Отримані результати показують оптимальну ефективність видалення  $\beta$ -нафтолого оранжевого із водних розчинів.

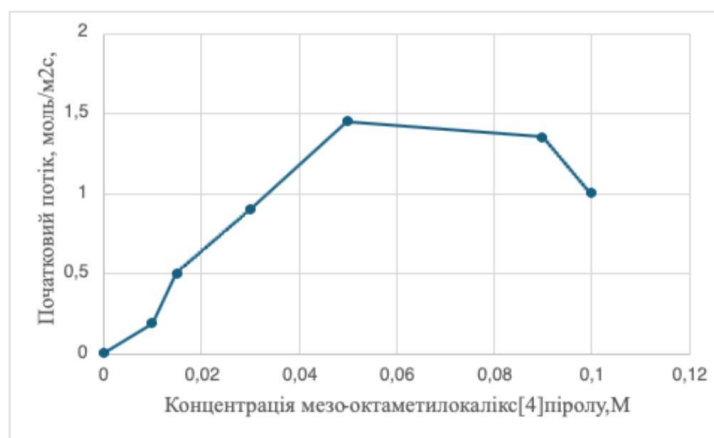


Рис. 1. Залежність потоку переносу барвника. Живильна фаза: 10 мг/л брвника в 0,1 М HCl, pH = 1,0; Фаза отримання: 0,01 М NaOH, pH = 12,0.

КАТУНІН Д.О., ГРИГОРОВ А.Б. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

# ТЕХНОЛОГІЧНА ПЕРЕРОБКА ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61000, вул. Купникова, 2, Харків, Україна; omsroot@kpi.kharkov.ua*

**Abstract.** The causes of the emergence of the "Great Pacific Garbage Continent" and promising solutions for reducing its volumes are analyzed. These solutions are in the plane of the implementation of a global comprehensive strategy that provides for interaction between countries, manufacturers and consumers of polymer products. The technology of thermal catalytic pyrolysis is proposed as one of the main methods for increasing the degree of recycling of polymer waste. The presented technology allows producing components of motor and boiler fuels and can be recycled in conditions of direct accumulation of polymer waste.

За останні десятиріччю перед людством, досить гостро повсталала проблема засмічення світового океану, відходами споживання – відпрацьованими полімерними виробами з поліетиленів (LDPE, HDPE), поліпропілену (PP), полістиролу (PS) та поліетилентерефталату (PET). Основним фактором цього процесу є бурний розвиток техносфери при якому об'єми виробництва товарної продукції значно перевищують об'єми переробки (утилізації) товарів, що втратили свої споживчі властивості. Утворення внаслідок неконтрольованого засмічення полімерними відходами світового океану, утворення так званого «Великого Тихоокеанського сміттевого континенту», досить яскраво ілюструє масштаби існуючої проблеми, яка сприяє суттєвому порушенню екологічної рівноваги та негативно впливає на функціонування морських екологічних систем.

Вирішення цієї проблеми знаходиться в площині впровадження глобальної комплексної стратегії, яка буде передбачати взаємодію між країнами, виробниками полімерної продукції та суспільством – кінцевими споживачем. Досить суттєвими кроками на шляху впровадження цієї стратегії є прийняття законів та директив у сфері поводження з відходами (наприклад, закон України від 20.06.2022 № 2320-IX «Про управління відходами»). В рамках запроваджених законів та директив, сьогодні, боротьба з океанічним забрудненням, включає комплекс заходів щодо підвищення культури поводження з відходами (система податків, штрафів тощо), удосконалення технологій виробництва (безвідходність виробництва, біодеградабельність продукції) та розвиток технологій переробки утворених відходів. Останній, на сьогоднішній день, має першочергове значення для скорочення площі «Великого Тихоокеанського сміттевого континенту» та інших забруднень гідросфери.

Одним із перспективних напрямів переробки полімерних відходів є їх термokatалітичний (температура – 380-450 °C, тиск – 0,11-0,15 МПа; каталізатор – цеоліти, алюмосилікати) піроліз, який здійснюється в установках реакторного типу, за безперервним або періодичним режимом (табл.1).

Таблиця 1

## Середній вихід продуктів піролізу полімерної (LDPE, HDPE та PP) сировини

| Найменування потоку                             | Вихід продукту, % | Сфера застосування                                          |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|
| Гази піролізу (C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> ) | 5,0-25,0          | Виробництво присадок                                        |
| Рідкі фракції з межами кипіння 35-360 °C        | 67,0-89,0         | Виробництво базових компонентів моторних та котельних палив |
| Твердий залишок                                 | 1,0-3,0           | Виробництво будівельних матеріалів                          |
| Втрати                                          | До 5,0            | -                                                           |

Представлений напрямок переробки полімерних відходів дозволяє отримати цінні компоненти та присадки, які використовуються у виробництві товарних нафтопродуктів, зокрема моторних палив, а також значно підвищити ступінь переробки полімерних відходів. Задля мінімізації логістичних витрат, пов'язаних з транспортуванням сировини до місця її переробки, він реалізується на мобільних компактних установках, які можуть виступати як елементом портової інфраструктури, так і реалізовуватися на автономних плавучих платформах, призначених для збору сміття.

ХАМДОШ І.Н., ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО І.Ю. (УКРАЇНА, ЖИТОМИР)

## **ВПЛИВ УРБАНІЗАЦІЇ НА МАКРОФІТНУ РОСЛИННІСТЬ ВОДОЙМ ПОЛЬЩІ ТА УКРАЇНИ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ**

*Відокремлений підрозділ "Науковий ліцей" Державного університету "Житомирська політехніка" 10005, вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна; liceum@ztu.edu.ua*

**Abstract.** Urbanization impacts on phytocoenotic structure and ecological differentiation of vegetation in the Kamyanka River (Ukraine) and Oder River (Poland) were investigated using synphytoindication, remote sensing, and GIS modeling. Significant correlations between anthropogenic pressure intensity and aquatic plant community transformation were established. Results provide insights into river ecosystem adaptation mechanisms and contribute to developing effective environmental management strategies for urban waterways.

Дослідження впливу урбанізації на макрофітну рослинність річкових екосистем має важливе значення для збереження біорізноманіття та підтримання екологічної рівноваги водних об'єктів.

Порівняльний аналіз річок Одра (Польща) та Кам'янка (Україна) дозволяє виявити як загальні закономірності трансформації гідроекосистем під впливом урбанізації, так і регіональну специфіку цього процесу.

Флористичний аналіз показав значні відмінності між досліджуваними річками. Флора р. Одра значно багатша (44 види проти 26 у р. Кам'янка), що відображається також на рівні родового (27 проти 19) та родинного (18 проти 14) різноманіття. Спільними для обох річок є лише 18 видів, що підтверджується низьким коефіцієнтом Жаккара (0,35). Флора р. Кам'янка характеризується наявністю понто-каспійських видів (*Vallisneria spiralis*, *Butomus umbellatus*), тоді як для р. Одра типовими є центральноевропейські (*Myriophyllum verticillatum*, *Hottonia palustris*) та термофільні (*Azolla caroliniana*, *Wolffia arrhiza*) елементи.

Синтаксономічний аналіз виявив відмінності у структурі рослинних угруповань. Річка Одра характеризується вищим різноманіттям занурених макрофітів (8 асоціацій проти 3 у р. Кам'янка), що пов'язано з більшою глибиною та гетерогенністю біотопів. Для р. Одра характерні асоціації *Myriophylletum verticillati* та *Nymphaeetum candidae*, тоді як р. Кам'янка відзначається наявністю асоціації *Vallisnerietum spiralis*.

Аналіз динаміки вегетаційного індексу NDVI за період 1990-2020 рр. показав різний характер змін рослинного покриву під впливом урбанізації. У басейні р. Кам'янка спостерігається виражена тенденція до зниження NDVI (з 0,55 до 0,48), що є наслідком інтенсивної забудови та фрагментації природних екосистем. Натомість, басейн р. Одра характеризується відносною стабільністю NDVI (0,60-0,65) завдяки збереженню значних площ лісової рослинності та обмеженому впливу урбанізації.

Результати дослідження свідчать про різний ступінь стійкості досліджуваних річкових екосистем до урбанізаційних процесів, що зумовлено як природними особливостями регіонів, так і характером антропогенного навантаження.

ВЕЛИЧКО С. Д. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»  
61070, вул. Вадима Манька (Чкалова) 17, Харків, Україна; s.d.velychko@student.khai.edu*

**Abstract.** The paper presents a retrospective analysis of changes in the Kakhovka reservoir after the collapse of the Kakhovka hydroelectric dam. Based on satellite images from 2022 and 2023, processed in ArcGIS software using NDWI, the loss of water surface was determined from 1709.83 km<sup>2</sup> to 231.03 km<sup>2</sup>. The results of the study clearly demonstrate the large-scale ecological consequences of the disaster, which significantly affected the natural environment, ecosystems and infrastructure of the region.

Каховське водосховище, розташоване на р. Дніпро, було, до нещодавно, одним з найбільших штучних водойм України, яке відігравало ключову роль у багатьох сферах. Після підриву греблі Каховської ГЕС залишилися значні руйнування, які суттєво змінили гідрологічний режим Каховського водосховища. Руйнування греблі призвело до різкого зниження рівня води, що спричинило масштабні екологічні наслідки, включаючи забруднення водних ресурсів і деградацію навколишніх екосистем.

Акцентуючи увагу на ретроспективному аналізі, як вихідні дані, розглянемо архівні космічні знімки водосховища до (знімок від 2022-10-18) і після (знімок від 2023-10-18) підриву Каховської греблі. Як програмне забезпечення для аналізу водної поверхні використаємо ArcGIS, зокрема, модуль Spatial Analyst, який дає змогу класифікувати елементи знімка за певними ознаками та створювати навчальні вибірки даних для їх цільового аналізу.

Для виявлення водних об'єктів за супутниковими даними використано нормалізований диференційний водний індекс – Normalized Difference Water Index (NDWI), значення якого розраховано за формулою:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR), \quad (1)$$

де Green – діапазон видимого зеленого спектру, NIR – діапазон інфрачервоного спектру.

З використанням ArcGIS побудовано картографічну модель водної поверхні з урахуванням ретроспективних даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) (рис. 1), яку утворено поєднанням шарів водної поверхні Каховського водосховища зі супутникових знімків Sentinel-2\_L2A за 2022 і 2023 рр. Тут синім кольором відображено дзеркало водосховища станом на 2022 р., а голубим – залишки водної поверхні станом на 2023 р.

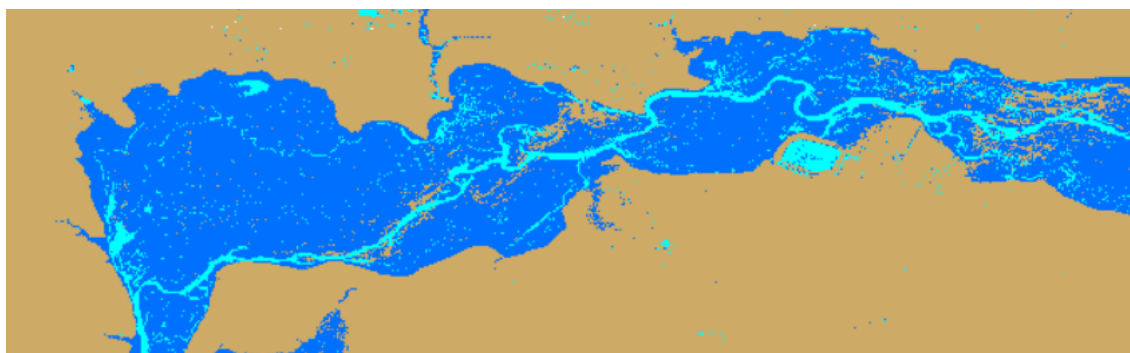


Рис. 1. Картографічна модель Каховського водосховища за даними ДЗЗ (поєднання шарів 2022 та 2023 рр.)

Аналіз рис. 1 дозволив визначити площі дзеркальної поверхні водосховища. За даними 2022 р. вона сягала 1709,83 км<sup>2</sup>, що підтверджує, що до підриву водосховище функціонувало як стабільне водозберігаюче спорудження. За даними 2023 р. площа водної поверхні скоротилася в 7,5 разів і складала лише 231,03 км<sup>2</sup>.

Таким чином, дані дистанційного зондування дозволяють у динаміці оцінювати наслідки підриву греблі Каховського водосховища. Наприклад, визначення обсягів втрат води, дозволяє зрозуміти можливий негативний вплив на природне середовище, екосистеми, людей та інфраструктуру регіону.

БЛАЖІВСЬКА О. Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СТАН МАСИВІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ РАТИ

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна; zag\_kan@lnu.edu.ua*

**Abstract.** The Rata River is a left tributary of the Western Bug (Vistula River Basin). Of the 30 surface water bodies identified under the EU Water Framework Directive, 22 are significantly altered. According to monitoring studies, the quality of the river waters of the Svina and Rata is poor, while the quality of the Moshchanka River is good. The main sources of water pollution in the river basin are household and industrial wastewater. Ways to improve river water quality: reconstruction of existing and construction of new sewerage networks; revitalisation of aquatic ecosystems; monitoring compliance with water protection rules within the coastal protection zones of watercourses, etc.

Для проведення оцінки якості поверхневих вод у басейні річки Рати (лівої притоки р. Західний Буг – район річкового басейну Вісли) ми використовували результати досліджень, проведені Басейновим управлінням водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну. За методикою Водної Рамкової Директиви ЄС у межах басейну річки Рати було виділено 30 масивів поверхневих вод (МПВ), з яких 22 – істотно змінені. На трьох МПВ здійснюється моніторинг вод (станом на 2024 р.). За результатами досліджень визначено загальний стан МПВ: добрий стан (р. Мощанка – пс. Середкевичі,) та поганий стан (р. Свиня – пс. В'язова, р. Рата – пс. Межириччя).

Основними джерелами забруднення річкових вод у межах басейну р. Рати є стічні води від житлового та промислового сектору. У багатьох населених пунктах недостатньо облаштована централізована каналізація, особливо у приватних будинках. Вони скидають фекальні стоки у вигрібні ями, подекуди в канали, що призводить до погіршення санітарно-гігієнічної та екологічної безпеки на території річкового басейну.

В околицях Жовкви розташовані очисні споруди, які побудовані ще в 1983 році та приймають каналізаційні стоки з міста. Вони створені для повної біологічної очистки господарсько-побутових стічних вод. Після тривалої експлуатації є пошкодження металевих і бетонних конструкцій, зношені технологічне обладнання і трубопроводи. Усе це приводить до порушення технологічного процесу очистки стічних вод і не дає можливості забезпечити належної якості очистки стічних вод перед їх скиданням в р. Свиня. Очисні споруди знаходяться у поганому стані, тому потребують заходів реконструкції та модернізації.

У Плані управління річковим басейном Вісли на 2025-2030 роки розроблено низку заходів із реконструкції каналізаційних очисних споруд та мереж у населених пунктах: м. Червоноград, с. Рава-Руська, м. Великі Мости, м. Жовква, с. Воля-Висоцька. В окремих населених пунктах заплановано будівництво каналізаційних очисних споруд та мереж: с. Батятичі, с. Волиця, с. Потелич, с. Гійче, с. Туринки.

Структура водоохоронних заходів включає 3 напрямки робіт:

1. Розробка технологій – будівництво споруд по очистці та використанню стічних вод, контроль за виконанням робіт по утилізації цінних речовин, що містяться в них і застосовуються у комунальному господарстві, промисловості, с/г виробництві.

2. Реалізація заходів щодо попередження забруднення водних об'єктів колекторно-дренажними водами меліоративних систем, поверхневим стоком з сільськогосподарських полів та населених пунктів.

3. Реалізація комплексу водоохоронних заходів, що здійснюються безпосередньо на водному об'єкті. Вони забезпечують підвищення його асимілюючої здатності, попереджують цвітіння, покращують якість води за рахунок збільшення водності, вилучення забруднених донних відкладів, штучної аерації, цілеспрямованого використання очищувальних властивостей водної рослинності.

Дотримання цих вимог дасть змогу не тільки зберегти водні ресурси басейну річки Рата від подальшого забруднення, але й покращить їхній стан.

ПАДАЛЮК Д.П., ЛАВРИНЮК З.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БІОВУГІЛЛЯ ЯК СОРБЕНТА ПЕСТИЦИДІВ

*Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025, просп. Волі, 13, Луцьк, Україна; padalukd@gmail.com*

**Abstract.** Biochar derived from the pyrolysis of agricultural waste at 400–600°C is studied as a sorbent for alachlor removal from aqueous solutions. The optimal adsorption conditions include pH 5–7, contact time of 4–8 hours, and sorbent dosage of 2–3 g/L. Biochar produced at 500°C shows the highest efficiency due to its porous structure and large surface area [1, 2, 3]. Further research aims to enhance biochar's sorption properties through modification.

Забруднення водних ресурсів пестицидами є серйозною екологічною проблемою, що негативно впливає на екосистеми та здоров'я людини. Традиційні методи очищення води часто є дорогими та не завжди ефективними. Біовугілля, отримане шляхом піролізу сільськогосподарських відходів, є перспективним сорбентом для видалення пестицидів, зокрема алахлору, з водних розчинів [2]. Завдяки високій питомій поверхні та пористій структурі біовугілля демонструє значний потенціал у процесах адсорбції.

У дослідженні використовували біовугілля, отримане шляхом піролізу сільськогосподарських відходів при температурах 400–600°C. Основна увага приділена аналізу впливу таких параметрів, як рН водного розчину, доза сорбенту, час контакту та початкова концентрація алахлору. Встановлено, що найвища сорбційна ємність спостерігається в діапазоні рН 5–7, оскільки при низьких значеннях рН спостерігається зниження адсорбції. Це пов'язано, на нашу думку, із конкуренцією з іонами водню. При рН >7 зменшується електростатична взаємодія молекул алахлору з поверхнею біовугілля, тому ефективність адсорбції менша.

Вплив часу контакту оцінювався протягом 24 годин, де найкращі результати адсорбції були зафіксовані нами у перші 4–8 годин. Залежність ефективності сорбції від дози біовугілля визначається в межах 0,5–5 г/л. Саме при цих концентраціях біовугілля отримуємо найкращі показники.

Проведені нами дослідження свідчать про ефективність біовугілля у видаленні пестицидів із стічних та поверхневих вод. Встановлено, що біовугілля, отримане при 500°C, демонструє найвищу ефективність адсорбції завдяки оптимальній пористій структурі та високій питомій поверхні. Найкращі результати спостерігаються при концентрації алахлору 10–50 мг/л та використанні біовугілля у дозуванні 2–3 г/л.

Біовугілля є перспективним сорбентом для видалення алахлору з водних розчинів. Оптимальні умови адсорбції включають рН 5–7, контактний час 4–8 годин та дозу біовугілля 2–3 г/л. Подальші дослідження спрямовані на вивчення механізмів адсорбції та покращення сорбційних властивостей біовугілля за рахунок його модифікації.

### *Джерела та література*

1. Vishwakarma A. K., Ahmad M., Mishra P. K., Sarmah A. K. Mechanisms and modeling of sorption of herbicides on biochar for agricultural and environmental applications: A review // *Materials*. – 2024. – Vol. 17, No. 23. – P. 5788.
2. Montalvo R. N., Martos J. F. M., de Aldecoa-Otalora M. P., de los Reyes J. L. M., Rodríguez-Cruz M. R. Retention of pesticides by biochars: Role of organic matter composition and surface functionalities // *Environmental Advances*. – 2023. – Vol. 13. – P. 100192.
3. Puga A. P., Melo L. C. A., Abreu C. A., Beesley L., Andrade C. A., Paz-Ferreiro J. Biochar application for the remediation of trace metal-contaminated soils: Aspects and mechanisms involved // *Environmental Advances*. – 2023. – Vol. 13. – P. 100192.

**КРИХОВЕЦЬ О.В., ГАРАСИМИШИН В.Г. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)**

## **УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ – ДОСВІД ЄС ДЛЯ УКРАЇНИ**

*Національний університет «Львівська політехніка», ІПМТ  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; Oleksandra.V.Krykhovets@lpnu.ua*

**Abstract.** Water is a strategic resource for every state. In recent years, the level of pollution in many water bodies in Ukraine and EU countries has significantly increased. Measures to improve water quality include monitoring the condition of surface and groundwater, including the determination of microplastic content. Ensuring water quality should be based on a comprehensive risk assessment for human health.

Вода є стратегічним ресурсом, що визначає якість життя, здоров'я людей та можливості економічного розвитку суспільства. Ефективне використання водних ресурсів – одна з ключових цілей сталого розвитку. Однак рівень забруднення водних об'єктів, як поверхневих, так і підземних, зростає, викликаючи серйозне занепокоєння. Згідно з новим звітом Європейської комісії, більшість поверхневих вод у Європі містять хімічні забруднення. Лише 39,5% річок та озер відповідають екологічному статусу «добрий». Краща ситуація з підземними водами - 86% із них мають задовільний стан. Водночас у більшості країн ЄС у підземних водах виявляють нітрати, що потрапляють туди через сільськогосподарську діяльність. Тривожним є також погіршення якості води за вмістом хімічних речовин протягом останнього десятиліття. [2]. Основним документом ЄС у сфері водного регулювання є Директива про питну воду (DWD, 2020). Вона спрямована не лише на забезпечення безпечної питної води, а й на її позитивний вплив на здоров'я та довкілля. Закон запроваджує суворі стандарти якості води та комплексний моніторинг, що враховує всі потенційні ризики [1].

В Україні ситуація із якістю води також є критичною. Близько 80% населення споживає питну воду з поверхневих джерел, які часто містять підвищену кількість органічних і біогенних речовин [2]. Підземні води, своєю чергою, характеризуються високою жорсткістю, мінералізацією та перевищенням допустимих рівнів заліза й марганцю. Застарілі технології водоочищення не завжди відповідають сучасним стандартам. До головних чинників забруднення водних об'єктів в Україні належать неефективна очистка промислових стоків, меліоративні заходи, що змінюють природний гідрологічний режим, неконтрольоване регулювання стоку річок і водосховищ, а також аграрна діяльність, що спричиняє забруднення ґрунтів та вод. Вплив цих факторів посилюється наслідками змін клімату. Особливе занепокоєння викликає руйнівний вплив військових дій: масове забруднення водою нафтопродуктами, хімічними речовинами, руйнування інфраструктури водопостачання та очисних споруд значно погіршують стан водних ресурсів.

Забезпечення належної якості води вимагає постійного контролю, ефективного моніторингу та впровадження сучасних методів очищення. Останнім часом особливу увагу привертає проблема мікропластику та фармацевтичних забруднень у воді. Нові виклики потребують наукового підходу до управління водними ресурсами та їх захисту. Щоб не допустити подальшого погіршення ситуації, необхідно терміново вживати заходів щодо покращення якості водопостачання та посилення контролю за станом водних об'єктів. Водні ресурси як в Україні, так і в ЄС, перебувають у критичному стані. Ми занадто довго сприймали воду як даність, але настав час змінити підхід. Адже відповідальність за збереження чистої води лежить на всіх нас.

### **Література**

1. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance) <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>
2. Водна стратегія України до 2050 р.: Розпорядженням Кабінету Міністрів України 2022 р., № 1134-р. (2022). Отримано з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>

KUZNIETSOV S.I., VENHER O.O., IVKINA Y.S. (UKRAINE, KHERSON)  
**TREATMENT OF INDUSTRIAL ALKALINE WASTEWATER**

*Kherson National Technical University  
 29016, Instytutska St., 11, Khmelnytskyi, Ukraine, Ukraine; ksieko1@gmail.com*

**Abstract.** Industrial wastewater is a complex physicochemical multicomponent system containing insoluble impurities, suspensions, molecularly dissolved substances of mineral and organic origin. They have a specific color, active reaction pH 6 - 12.5. The concentration of synthetic surfactants and individual preparations is within the range of 10-140 mg/dm<sup>3</sup>. The aim of the work is to develop a method and apparatus for purifying wastewater with exhaust gases from thermal power plants. From an economic point of view, the proposed method is cheaper than existing methods. It does not require the use of sulfuric acid to neutralize alkaline wastewater.

There are a large number of enterprises whose wastewater is dominated by alkaline reagents, with an increased activity of the pH reaction up to 11-12.5.

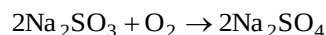
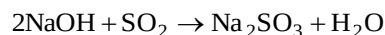
High alkalinity of wastewater creates certain difficulties in purifying this water in the system of citywide treatment facilities, where the main method is biological treatment. The pH value of wastewater significantly affects the vital activity of microorganisms in activated sludge. Studies have shown that with the help of non-adapted activated sludge, it is possible to successfully purify wastewater within the active reaction range of pH 6.5 - 9.2 at a temperature of 20 °C. An increase in the alkalinity of wastewater above pH 9.2 causes a progressive decrease in oxygen consumption and the death of microorganisms. The most common methods of wastewater treatment today are chemical, physicochemical and mechanical wastewater treatment.

Recently, many countries have been studying the issue of using boiler flue gases, which are present at many enterprises, as a neutralizing agent for alkaline wastewater.

The proposed method of neutralizing alkaline wastewater with boiler flue gases is carried out in scrubbers. As a result of the absorption of sulfur dioxide and carbon contained in the flue gases, an acid is formed, which is necessary for neutralizing the alkali. Discoloration of wastewater with ash formed during the combustion of coal in a steam boiler occurs as a result of the adsorption of colored organic compounds found in the wastewater by carbon. Fly ash, due to its relatively large surface area and high carbon content (over 40%), is a fairly good adsorbent, although less effective than activated carbon, which is used to remove organic compounds from wastewater in industrial adsorption plants.

The requirements for wastewater are as follows: wastewater must be odorless, tasteless, colorless, have a pH within 6.8 - 8.5, contain dissolved oxygen 4-6 mg/dm<sup>3</sup>, surfactants 0.1 mg/dm<sup>3</sup>, have BOD 5-2.0 mg/dm<sup>3</sup>, etc.

To study the process of neutralization of waste water by exhaust gases of the thermal power plant, studies were conducted on a laboratory setup. The studies were conducted on the basis of natural waste water and an air mixture containing sulfur dioxide. The task of the laboratory studies included studying the influence of various physical and chemical factors on the process of neutralization of waste water and purification of gases from SO<sub>2</sub>, identifying the optimal parameters of the neutralization process, obtaining a mathematical model of the process. The studies on the laboratory setup were carried out using the method of mathematical planning of the experiment. The choice of such an experimental technique allows to significantly reduce the time and material costs of performing research work. When the gas-air mixture passes through the layer of waste water, the latter is neutralized by sulfur dioxide. The neutralization process can be expressed by the following equations:



(1)

Total alkalinity was determined by direct testing of a 100 ml effluent sample with a mixed indicator. This method allows determining the active pH reaction in a wide range with high accuracy in colored and turbid waters. Determination of the sulfur dioxide concentration in the gas mixture before and after the neutralization process was carried out by the iodometric method according to the reaction:



The results of the studies showed that the proposed method of neutralization fully satisfies the requirements that are imposed on the quality of discharged effluents.

ХРОМ'ЯК У.В., ВОРОБЕЦЬ М.А. (УКРАЇНА, М. ЛЬВІВ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ М. ВИННИКИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, Україна; [ulanajukovska@gmail.com](mailto:ulanajukovska@gmail.com)*

**Abstract.** Currently, a significant number of human diseases are associated with poor quality drinking water and violation of sanitary and hygienic water supply standards. Consumption of low-quality drinking water (1.5 - 2.0 liters per day) significantly worsens human health, causing a large number of various human diseases. Every year, the population of Vynnyky increases, and the recreational load on natural waters increases. That is why it is so important to control the environmental situation in water resources.

Вода є життєво необхідним ресурсом для людини, проте її якість постійно погіршується через природні та антропогенні фактори. Забруднення води викликає численні хвороби та навіть смертність у різних частинах світу, зокрема і в Україні.

На даний час, не існує єдиного показника, який характеризував би весь комплекс властивостей води, оцінка якості води ведеться на основі системи показників. Показники якості води поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та бактеріологічні (рис. 1).

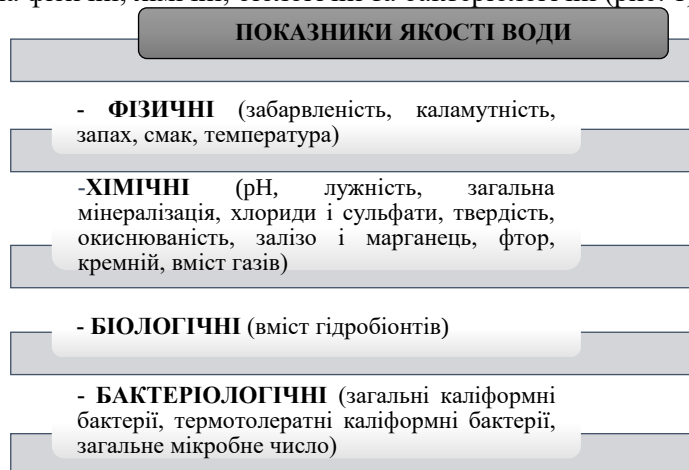


Рис. 1. Показники якості води.

Для аналізу якості джерельної води вибрано м. Винники Львівської області, де є декілька природних джерел. Для дослідження якості води вибрані природні джерела м. Винники Львівської області на вулиці Б. Хмельницького (комплекс "Emily Hotel") і вулиці М. Кипріяна, питна вода з колодязя (вул. К. Гриневичевої, 17) та водопровідна вода (вул. Сухомлинського, 14).

Дослідження води із природних джерел м. Винники, проводилось у два етапи. Перший етап – зразки води відбиралися у січні 2022 року, до повномасштабного вторгнення росії. Другий етап – зразки води відбиралися у лютому 2025 року.

Проаналізовано, наступні показники: загальна твердість, водневий показник, загальний солевміст, електропровідність, концентрація заліза, хлоридів, сульфатів, амонію, нітратів, нітритів.

Після проведених досліджень, можна зробити висновок, що жодний зразок питної води не відповідає вимогам. Найбільші перевищення показників, характерні для питної води із колодязя по вул. К. Гриневичевої, будинок 17.

Слід відзначити, що суттєвих відмінностей зразків води, які були відібрані у січні 2022 року із зразками лютого 2025 року не виявлено. Повномасштабне вторгнення росії, збільшення жителів міста Винників і відвідувачів комплексу "Emily Hotel", не вплинула на якість води. Встановлено, що концентрація нітратів суттєво зменшилась із 139 до 8,3 мг/дм<sup>3</sup> у воді із джерела біля рекреаційного комплексу "Emily Hotel".

DYCHKO A. O., MINAIEVA Y. Y. (UKRAINE, KYIV)

## BIODESTRUCTIVE PROCESSES OF ACTIVE SLUDGE IN WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS

*V.I. Vernadsky Taurida National University*

*01042, Dzh. Makkeyna Street, 33, Kyiv, Ukraine; [kafedrakte@ukr.net](mailto:kafedrakte@ukr.net)*

**Abstract.** Environmental pollution causes qualitative changes in the major components of nature and its components and adversely affects ecosystems as a whole. The magnitude of environmental change depends on two major factors: the intensity of the quality of the pollutants and the ability of the system to purify itself. In the process of long-term action of pollutants, the basic natural, socio-economic functions of the environment are degraded or disturbed. This complicates the life of all living organisms, especially humans.

As the number and concentration of wastewater discharged into the city sewage system has been increasing recently and the treatment process is carried out on outdated equipment, the environmental safety of water bodies is very low. Therefore, it is necessary to modernize the operation of existing treatment plants.

The vast majority of methods for improving the efficiency of equipment requires the implementation of additional stages of treatment, and therefore, the construction of new treatment plants, the availability of free space, increasing the cost of material, energy, financial and other resources, which under the economic conditions of today have no prospects. The solution of the problem of increasing the efficiency of wastewater treatment should be based on the development of new intensification methods suitable for implementation at existing treatment plants.

In order to increase the degree of biodegradation of contaminants in the effluents, various methods are used, such as: structural and technological changes in treatment plants, immobilization of activated sludge on loading materials, a variety of effects on activated sludge, which causes the destruction of biomass cells and thus allows intensification of active sludge activity and others.

Our own experimental studies on the possibility of using methods of degradation of activated sludge and their effect on wastewater treatment proved such possibility. The following destruction methods are analyzed: destruction of part of biomass by oxidation with hydrogen peroxide, thermolysis at 90 °C, use of a mechanical disintegrator, addition of dried activated sludge into reactor. Using these methods, the cells of the activated sludge are destroyed, from which enzymes get into the environment, thereby accelerating and deepening the biotransformation of contaminants in the effluents. Using these methods to intensify the removal of contaminants from water can reduce the growth of activated sludge by 60-70%.

Therefore, it is experimentally proved that the most effective methods of degradation of activated sludge for biological wastewater treatment is the use of mechanical disintegration and hydrogen peroxide, which increases the degree of wastewater treatment.

The management of wastewater treatment process takes place under conditions of limited (incomplete) and indistinct information that affects the effectiveness of self-cleaning and self-healing processes of natural landscapes. Indicators of environmental safety assessment are not determined online, as a rule, and in addition, certain averaged data is used. At the same time, regulatory influences aimed at achieving effective management may become inadequate to the current situation and there is a risk of losing control of ecosystem sustainability processes.

Modelling the processes of pollution spread and identifying the dynamics of ecological state changes can help to find effective measures to prevent negative impact of pollution on the environment by creating artificial barriers to the migration of these contaminants, or organizing active measures to compensate or neutralize them. Managing the process of anaerobic recycling of organic waste requires reliable predicting of biogas production. Development of mathematical model of process of organic waste digestion allows determining the rate of biogas output at the two-stage process of anaerobic digestion considering the first stage. Verification of Kontó's model, based on the studied anaerobic processing of organic waste and the set dependencies of biogas output and its rate from time should be used to predict the process of anaerobic processing of wastewater.

KASIYANCHUK D.V., OLEKSIUK I.I. (UKRAINE, IVANO-FRANKIVSK)  
**REMOTE SENSING-BASED MODELING FOR WATER TREATMENT FACILITY  
 LOCATION IN CHMIELNIK, POLAND**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*  
 15, Karpatska St., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine  
[dima\\_kasiyanchuk@ukr.net](mailto:dima_kasiyanchuk@ukr.net)

**Abstract.** This study uses remote sensing and geographical information systems (GIS) to model the optimal location of a wastewater treatment plant in Chmielnik, Poland. Using Google Earth Engine (GEE) and geospatial datasets, the study identifies suitable sites based on environmental, infrastructure and topographic constraints. The analysis integrates data on buffer zones, soil composition and slopes to ensure sustainable site selection.

The feasibility of constructing a wastewater treatment plant is analyzed by integrating infrastructural, environmental, and geomorphological factors. The assessment takes into account buffer zones around key infrastructure and natural features, including buildings (500 m), cemeteries (200 m), lakes (150 m), railways (100 m), rivers (150 m), roads (100 m), power lines (100 m) and wetlands (200 m). These zones are combined into a protection zone, which defines the areas prohibited for construction. The permitted areas are determined by subtracting the exclusion zones from the municipal boundaries and then assessing the soil properties. Areas with a clay content of at least 30% are identified, as such soils provide natural insulation, reducing the risk of groundwater contamination. Slope analysis using a digital elevation model (DEM) ensures that only areas with a slope of 5° or less are considered, minimising the risks associated with erosion and uneven distribution of wastewater.

By integrating these three criteria - permitted construction zones, suitable soil composition and optimal slope - the study identifies and visualises potential sites for the construction of wastewater treatment plants. The analysis identified approximately 1,083 hectares (10.8 km<sup>2</sup>) of suitable land within the municipality (fig.1). These results provide the basis for sound infrastructure planning, environmental protection and sustainable wastewater management.

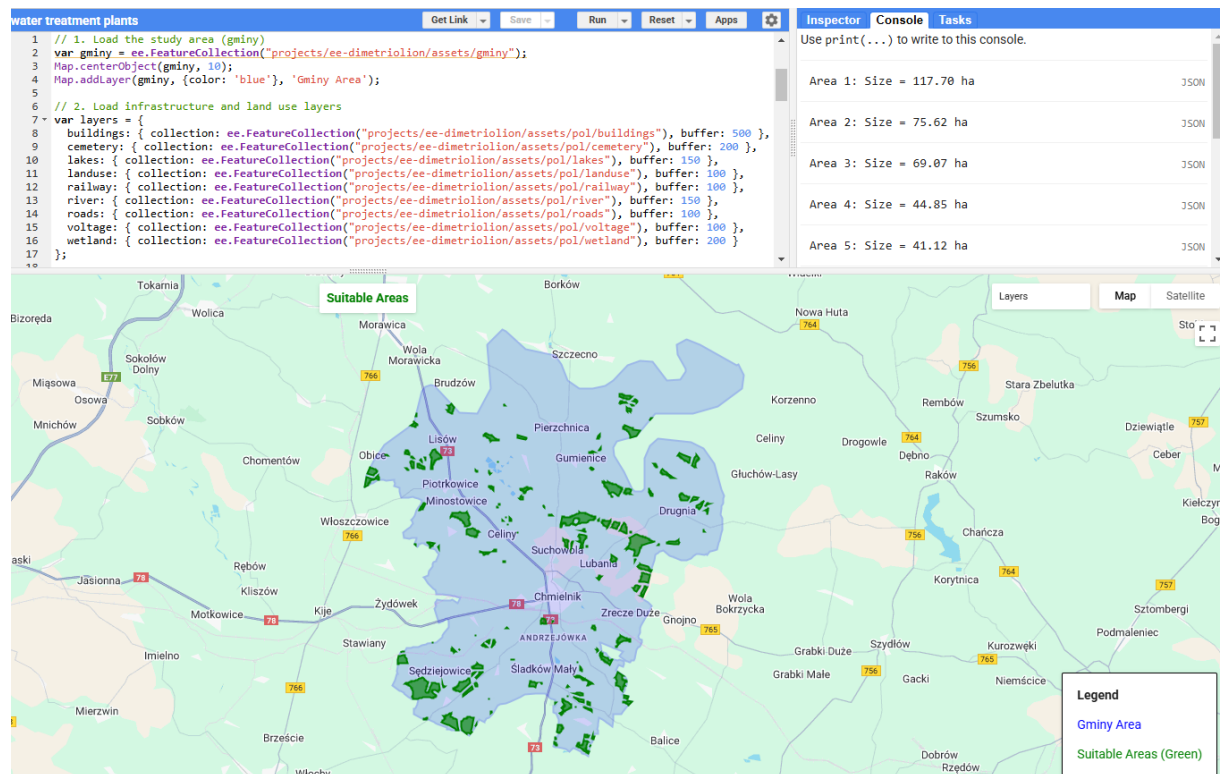


Fig. 1. Screenshot of the programme code execution in GEE.

**КОБАЛЬ Б.Б. ШОЛЬЦ Р.С. (УКРАЇНА, МУКАЧЕВО)**

## **ГІДРОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПОТРЕБ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Мукачівський державний університет*

*89608, вул. Ужгородська, 26, Мукачево, Україна; Kobal.B@mail.msu.edu.ua*

Ефективне функціонування екосистем вимагає моніторингу різних природних середовищ: води, ґрунтів, повітря тощо. Однією з важливих складових державної системи екологічного контролю є державний моніторинг вод. Він відіграє ключову роль у формуванні екологічної політики як на регіональному, так і на державному рівні. Зібрані дані також корисні для аналізу змін кількісних та якісних показників поверхневих вод під впливом кліматичних змін.

Ключовим аспектом розвитку моніторингу вод в Україні стала імплементація вимог Водної рамкової директиви ЄС. Після затвердження Кабінетом Міністрів України у 2018 році «Порядку здійснення державного моніторингу вод», було впроваджено нові підходи до моніторингу на транскордонних ділянках річкових басейнів, що значно підвищило його результативність.

Основні складові та характеристики бази даних моніторингу якості, використання водних ресурсів БУВР Тиси, а також можливості для порівняння і аналізу даних для цілей екології та управління водними ресурсами краю представлені фондовими матеріалами та Проектом Плану управління річковим басейном річки Тиса.

Важливим інформаційним елементом діяльності Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса є інтерактивна он-лайн карта, за допомогою якої користувачі сайту мають можливість переглядати інформацію про моніторингові дані автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи АІВС-«Тиса».

Важливою складовою екологічної політики України та Закарпатської області зокрема, в контексті Європейської інтеграції, є налагодження системи державного моніторингу вод з урахуванням міжнародних стандартів. Після затвердження у 2018 році «Порядку здійснення державного моніторингу вод» система зазнала значних змін, що охоплюють методiku, порядок здійснення спостережень, їхню частоту, розподіл повноважень суб'єктів моніторингу та групи показників.

Зміни у моніторингу включають:

- методика спостережень: нові методологічні підходи забезпечують точніші дані щодо якості води;
- порядок здійснення спостережень: визначені чіткі правила та процедури для збору та аналізу водних проб;
- частота відбору проб: щомісячний відбір проб забезпечує постійний контроль за станом водних ресурсів;
- розподіл повноважень: чітко визначені ролі та обов'язки суб'єктів моніторингу, що забезпечує ефективну координацію робіт;
- групи показників: розширений перелік показників, за якими здійснюється оцінка якості води, включає фізико-хімічні, біологічні та гідроморфологічні параметри.

Ці зміни спрямовані на покращення якості водних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки та наближення до європейських стандартів у сфері водного моніторингу. Завдяки цьому Україна може ефективніше контролювати стан водних ресурсів та вживати необхідних заходів для їхнього збереження та відновлення.

В контексті методичних інновацій та змін нормативно-правової основи гідроекологічного моніторингу в Україні, гідроекологічне моделювання на рівні басейнів та суббасейнів відіграє ряд важливих функцій: інформаційна, довідкова, автоматизоване картографування, моделювання, прогнозування та прийняття управлінських рішень. Широке використання гідроекологічних моделей річково-басейнових систем Тиси для просвітницьких, наукових, прикладних та управлінських цілей дозволяє швидко адаптуватись до сучасних водогосподарських викликів.

МІХЄЄВА А.А. (УКРАЇНА, ЧЕРНІВЦІ)

## ОЦІНКА СУЧАСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ КЛОКУЧКА

Чернівецький ліцей №12 «Ювілейний» Чернівецької міської ради  
58000, вул. Л.Українки, 1; КЗ ЧОЦЕНТУМ, вул. О. Криворучка 57, Чернівці,  
Україна; anisiاميheeva9@gmail.com

**Abstract.** Small rivers are the most vulnerable element of urban ecosystems; they are very easily polluted, depleted, subjected to high anthropogenic load, and do not have the ability to self-purify, as a result of which their waters are more polluted than the waters of large rivers.

Мета роботи - дослідження екологічного стану р. Клокучка, правої притоки І-го порядку ріки Прут впродовж 2023-2024 років. Завдання дослідження: вивчити природні умови, що формують стік малих річок та особливості їх режиму на території міста Чернівці; опрацювати картографічну інформацію та визначити ділянки течії р. Клокучка, доступні для обстеження; виконати польове дослідження екологічного стану р. Клокучка; проаналізувати окремі гідрохімічні показники води з різних ділянок русла річки в різні гідрологічні сезони.

Встановлено, що сучасний екологічний стан Клокучки є незадовільним. Найбільшим небезпечним промисловим джерелом забруднення річки є ДКП «Чернівціводоканал»; очисні споруди морально та фізично застарілі і не можуть забезпечити повну очистку стічних вод від забруднень. Це призвело до порушення умов формування стоку і водного режиму, тому органолептичні показники води не відповідають нормам – вона мутна, періодично має сильний неприємний запах (3-4 бали) і помітний жовтуватий колір.

Гідрохімічний аналіз води з різних ділянок русла показав зростання рівня забруднення сезонного характеру: загальна твердість на початку весняного водопілля зросла майже втричі, що спричинено надходженням ґрунтових вод, з таненням снігу та розмерзанням ґрунту. Танення призводить також до насичення води річки розчинними солями металів із зростанням твердості. Також зберігаються значення показників окиснюваності зразків. Більша частина домішок має антропогенне походження, про що також свідчить значне збільшення вмісту хлорид іонів навесні у порівнянні з осіннім періодом. Очевидно хлорид-іони потрапляють до річки як результат контакту талих вод та атмосферних опадів із сміттям поверхневого шару ґрунту. Також це підтверджується також зростанням показників кольоровості зразків води.

Таблиця 1

Динаміка показників якості води

| Показники                                               | Точки відбору проб 2023-2024 рр. |            |               |            |               |            |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
|                                                         | вул. Лазурна                     |            | вул. Дзержика |            | вул. Прутська |            |
|                                                         | 25.10.2023                       | 11.04.2024 | 25.10.2023    | 11.04.2024 | 25.10.2023    | 11.04.2024 |
| Загальна твердість, мг-екв/л                            | 3,53                             | 10,21      | 3,40          | 10,31      | 3,50          | 11,08      |
| Загальна твердість у градусах, $T_{\text{заг}}^{\circ}$ | -                                | 23,41      | -             | 27,55      | -             | 29,34      |
| Твердість кальцієва, мг-екв/л                           | 2,55                             | -          | 3,01          | -          | 3,15          | -          |
| $\text{Ca}^{2+}$ , мг/л                                 | -                                | 144,27     | -             | 154,10     | -             | 134,12     |
| $\text{Mg}^{2+}$ , мг/л                                 | -                                | 29,97      | -             | 24,95      | -             | 32,09      |
| Карбонатна твердість, мг-екв/л                          | -                                | 7,19       | -             | 6,66       | -             | 7,35       |
| Окиснюваність, мг/л                                     | 4,10                             | 3,62       | 3,6           | 3,2        | 2,7           | 3,6        |
| Вміст хлорид іонів, мг/л                                | 29,03                            | 73,19      | 41,75         | 70,90      | 45,15         | 77,99      |
| Вміст феруму, мг/л                                      | 0,08                             | 0,10       | 0,25          | 0,10       | 0,06          | 0,12       |
| Кольоровість, градуси                                   | 10°                              | 14°        | 12°           | 15°        | 11°           | 16°        |
| pH                                                      | 7,59                             | 7,45       | 7,70          | 7,50       | 6,89          | 7,60       |

Таким чином, проведений аналіз дозволяє зробити висновок - що основним джерелом забруднення води у р. Клокучка є ґрунтові води та атмосферні опади, що змивають сміття з їх берегів.

ШЕРСТЮК Д. М., ІЛЬСЕНКО Т.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## НАСЛІДКИ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

*Інститут агроекології і природокористування НААН*  
*м. Київ Україна. [volaf666@gmail.com](mailto:volaf666@gmail.com)*

**Abstract.** The study tracks the consequences of climate change on water bodies using remote sensing methods. It presents a methodology for monitoring the condition of water resources using specialized NDMI and NDWI indices, which enables the detection of transformations in the aquatic environment and the development of measures for its conservation.

Клімат має значний вплив на середовище існування, і одним із багатьох об'єктів, на яких відображаються наслідки змін, є водне середовище. Вплив кліматичних змін на водні об'єкти є доволі значним, оскільки водні ресурси відіграють важливу роль у кліматичних та природних процесах. Тому зміни кліматичних умов неминуче відображаються на стані водних об'єктів, що можна відстежувати за допомогою засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Водні об'єкти мають критичне значення для клімату, природи та людини. Рівень експлуатації водних об'єктів людиною демонструє загальну кількість водних ресурсів, необхідну для задоволення потреб суспільства. Ця потреба залежить від багатьох факторів: кількості населення, інтенсивності промислової та сільськогосподарської діяльності. При зміні умов існування, зокрема під впливом кліматичних змін, загальний рівень споживання води відповідно змінюється. Такі явища, як посухи, обміління, пересихання, зменшення кількості водних ресурсів та наслідки антропогенної діяльності, можна ефективно відстежувати за допомогою засобів ДЗЗ.

Зазначені зміни водних об'єктів можна систематично відслідковувати за допомогою технологій ДЗЗ через аналіз характеристик водної поверхні за допомогою спеціальних індексів, таких як NDMI та NDWI. Додатково можна залучати картографічні дані для вивчення обміління водних об'єктів шляхом накладання супутникових знімків на картографічні матеріали. Приклад наведено на Рис. 1, де зліва відображено обміління Кучерського лиману за допомогою накладання карти та індексу NDWI для більш чіткого відображення, а з правої сторони представлено той самий лиман у режимі True color на сьогодні, де також видно місця обміління.

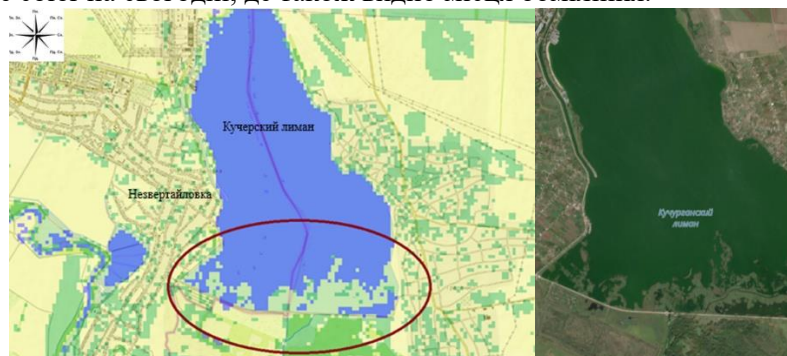


Рис1. Кучерський лиман

Отже, застосування засобів ДЗЗ дозволяє проводити комплексне відстеження стану водних об'єктів для подальшого моніторингу водних ресурсів. Із додаванням інших індексів та дослідженням характеру використання водного об'єкта можна встановити причини погіршення його стану та вжити відповідних заходів для збереження водного середовища.

ШТЕФАН С.О., БАБЕНКО В.М. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## МОНІТОРИНГ ПРІСНОВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА СХОДІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНИХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"  
61002, вул. Курпичова, 2, Харків, Україна; stanislav.shtefan@mit.khpi.edu.ua

**Abstract.** Based on the processing of open sources of information and statistical data on the state of freshwater bodies in the south and east of Ukraine, a theoretical model has been created for monitoring and short-term forecasting of the impact of full-scale military operations on them. Preliminary numerical calculations of the consequences of changes in the natural environment have been carried out. The research is part of the student work on applying a monitoring system for implementing environmental protection technologies.

Побудова структурованої моніторингової мережі, постійно працюючої в реальному часі, що є складовою часткою регіонального моніторингу, це є першочерговий момент для створення в країні глобальної мережі спостереження за станом довкілля. Розвиток технологій в ХХІ столітті та використання супутникових систем спостереження за поверхнею Землі суттєво спростили спостереження за станом ґрунтів, атмосферного повітря та водними об'єктами. Тепер, завдяки дистанційним методам зондування поверхні Землі, є можливість достатньо швидко отримати таку інформацію як температура поверхні ґрунту, води, наявність лісових або промислових пожеж, прозорість шарів повітря та навіть є розрахункові данні по кількості врожайності на сільськогосподарських угіддях. Зазвичай такі моніторингові функції покладаються на новітні космічні апарати, в більшій кількості вироблені та виведені на низькі космічні опорні орбіти фахівцями з NASA (НАСА, США) та ЕКА (Європейського космічного агентства). Початок постійного спостереження прийшовся на закінчення ХХ століття (табл.1).

Таблиця 1

### Світові лідери з використання космічного дистанційного моніторингу на 2024 р.

| Компанії та країни                               | Кількість активних апаратів, або угруповань | Початок експлуатації, рік |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| NASA (США)                                       | 29 (включно з МКС)                          | 1976                      |
| ЕКА (Європейське космічне агентство)             | 10 (включно з МКС)                          | 1998                      |
| ISRO (Національне космічне агентство Індії)      | 7                                           | 2003                      |
| JAXA (Японське космічне агентство)               | 6 (включно з МКС)                           | 1998                      |
| CNSA (Китайське національне космічне управління) | 4                                           | 2006                      |
| Інші країни                                      | 29                                          | 2001                      |

За допомогою дистанційних методів є можливість, завдяки співпраці з НАСА та Європейським космічним агентством, в умовах сучасного військового стану відстежувати практично всі локальні пожежі та стан поверхневих вод на річках, озерах та водосховищах. А в 2022 році, за кошти що були зібрані пересічними українцями, вдалось придбати у фінської компанії ICEYE один з супутників та отримати доступ до даних з усього угруповання. Великою перевагою цієї космічної техніки є те що вона проводить дослідження земної поверхні в частотах радіохвиль, для яких хмарність не є перешкодою. Зазвичай більша кількість інформації що поступає з супутників та обробляється на Землі використовується для військових потреб, хоча невелика її частка надходить до інших цивільних служб. В майбутньому, після припинення війни в Україні, сподіваємось, що і у нас запрацюють суто дослідницькі моніторингові супутники для надання інформації по стану довкілля.

Але не всі данні можливо отримати з супутникових систем. Наприклад такі показники як мінеральний склад води, вміст в неї органічних сполук, або наявність та стан рослинності що знаходиться на узбережжі потребують прямого лабораторного аналізу на місці або взяття проб та їх дослідження в стаціонарних умовах.

В роботі використані матеріали відкритих джерел та статистичні звіти щодо використанню космічної техніки для моніторингу Землі протягом 2020 – 2024 рр.

Порівняльний аналіз щодо якості природних поверхневих вод був узятий з сайту: «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України», в період з 2018 по 2023 рр.

ДЖАМ О.А. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. ЗАХІДНИЙ БУГ

*Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, проспект Волі, 13, Луцьк, Україна; vnu.edu.ua*

**Abstract.** Here the data was structured and the dynamics of the main statistical characteristics for the investigated chemical indicators in the spaces. An ecological assessment of the surface water quality of the Western Bug River has been carried out by block indices: salt composition, trophic-saprobiological composition and indicators of specific toxic substances action. The influence of natural and anthropogenic factors on the formation of chemical composition and water quality was investigated.

Проаналізовано дані щодо вмісту основних забруднюючих речовин у контрольному створі р. Західний Буг (с. Амбуків, 500 м нижче впадіння р. Хучва, кордон з Польщею) у 2021-2023 рр. Класи та категорії якості води визначені за значеннями індексу забруднення компонентами сольового складу, індексу трофо-сапробіологічних показників, індексу специфічних показників токсичної дії та комплексного екологічного індексу (табл. 1, 2).

*Таблиця 1*

### Якість води за індексом забруднення компонентами сольового складу, $I_1$

| дата відбору проб | $I_1$ | категорія якості | клас якості | клас якості за станом | категорія якості за станом | клас якості за ступенем чистоти | категорія якості за ступенем чистоти |
|-------------------|-------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 3.08.2021.        | 4     | 4                | III         | задовільні            | задовільні                 | забруднені                      | слабко забруднені                    |
| 5.10.2021.        | 2,5   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| 8.12.2021.        | 2,5   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| 1.02.2022.        | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 5.04.2022.        | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 7.06.2022.        | 2,5   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| 8.08.2022.        | 2,5   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| 4.10.2022.        | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 6.12.2022.        | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 14.02.2023.       | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 18.04.2023.       | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 13.06.2023.       | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 12.09.2023.       | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |

*Таблиця 2*

### Якість води за комплексним екологічним індексом, $I_E$

| дата відбору проб | $I_E$ | категорія якості | клас якості | клас якості за станом | категорія якості за станом | клас якості за ступенем чистоти | категорія якості за ступенем чистоти |
|-------------------|-------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 3.08.2021.        | 3,88  | 4                | III         | задовільні            | задовільні                 | забруднені                      | слабко забруднені                    |
| 5.10.2021.        | 2,94  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 8.12.2021.        | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 1.02.2022.        | 3,11  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 5.04.2022.        | 3,11  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 7.06.2022.        | 2,94  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 8.08.2022.        | 3     | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 4.10.2022.        | 3,17  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 6.12.2022.        | 3,11  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 14.02.2023.       | 2,88  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 18.04.2023.       | 2,77  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 13.06.2023.       | 3,33  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |
| 12.09.2023.       | 3,11  | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |

КІЛЯР М.А. МАЦАК А.О. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## **ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ФАРМАКОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ АТ «ГАЛИЧФАРМ» НА СТАН ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

*Національний університет цивільного захисту України  
61023, вул. Алчевських, 94, Харків, Україна; nuczu@mns.gov.ua*

**Abstract.** The wastewater from pharmaceutical companies create an enormous impact on environment especial on water bodies. Lviv pharmaceutic company «Galyschpharm» has one of the biggest sales markets and production potential in the region and as a result provide vast amount of wastes including wastewater that discharges to the local municipal sewage system. The basic pollutants, that presented in the wastewater from the factory, have numbers that exceed the concentration limits of local environmental regulations and possibly could harm local waterbodies.

Однією з причин екологічних проблем поверхневих вод Львівщини є скид неочищених та недостатньо очищених стічних вод. У м. Львові та області, зосереджена велика кількість діючих промислових/фармакологічних підприємств, однією з таких є АТ «Галичфарм».

Стічні води в фармацевтичному виробництві залежать від конкретного технологічного процесу і можуть включати: стоки, що утворюються під час хімічних реакцій; воду від промивання продукту, відпрацьовані кислотні та лужні стоки, стоки конденсату від процесів стерилізації та очищення, стоки скрубєрів очищення повітря, стоки від очищення обладнання та виробничих приміщень. Слід додати, що в процесі виробництва компанії головними ділянками на яких відбувається формування стічних вод є лінії капсулювання, на яких відбуваються процеси очищення та миття, ділянка водопідготовки для продувки котлів та стічні води що утворюються при очищенні технологічного обладнання та миття тари.

Головні показники забруднень стічних вод, що скидаються підприємством АТ «Галичфарм» в міську каналізацію наведені нижче (табл.1).

*Таблиця 1*

### **Забруднюючі речовини від підприємства, які перевищують ГДК на скид у міську каналізаційну мережу**

| Забруднюючі речовини                                 | Фактична концентрація від виробничої діяльності | ГДС у міську каналізацію |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|
| Температура, °C                                      | 21 °C                                           | ≤ 40 °C                  |
| Запах                                                | Без запаху                                      | –                        |
| Завислі речовини мг/дм <sup>3</sup>                  | 420                                             | ≤ 500                    |
| Сухий залишок, мг/ дм <sup>3</sup>                   | 780                                             | –                        |
| БСК <sub>5</sub> мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | 450                                             | ≤ 350                    |
| ХСК, мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>             | 600                                             |                          |
| Хлориди, мг/ дм <sup>3</sup>                         | 143                                             | ≤ 350                    |
| Сульфати, мг/ дм <sup>3</sup>                        | 620                                             | ≤ 400                    |
| Фосфати, мг/ дм <sup>3</sup>                         | 4,8                                             | 10                       |
| Залізо, мг/ дм <sup>3</sup>                          | 2,0                                             | 2,5                      |
| Хром, мг/ дм <sup>3</sup>                            | 3,1                                             | 2,5                      |

Небезпека фармацевтичних стоків, які потрапляють у водні об'єкти, полягає в тому, що вони виявляють стійкість, негативно впливають на природні компоненти навіть у низьких концентраціях (особливо на водну фауну), у разі контакту з іншими фармацевтичними речовинами потенційно створюють синергічний та кумулятивний ефект. Особливу стурбованість викликають небезпечні фармацевтичні відходи, у складі яких містяться цитотоксичні препарати, антибіотики, препарати з гормономодулювальною, психотропною й наркотичною дією та інші фізіологічно активні речовини. Їхнє неконтрольоване потрапляння у навколишнє середовище негативно впливає на живі організми та може призвести до непередбачуваних наслідків.

Тому, скид стічних вод АТ «Галичфарм», призводить до забруднення водних об'єктів, оскільки необроблені або частково оброблені стічні води з капсулюючих установок можуть містити хімічні речовини, патогенні мікроорганізми, поживні речовини та інші забруднюючі речовини, які можуть негативно впливати на якість води. Більш того, дані стоки повинні враховувати аналіз на важкі метали: хром та ртуть, які також можуть бути присутні в стічних водах від технологічних процесів.

## КОТ І.Т. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОХОРОНИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" 03056, Вул. Борщагівська, 115/3, Київ, Україна; iee@iee.kpi.ua

Вода є найважливішим природним ресурсом, який підтримує функціонування людей і екосистем. Проте, забруднення, спричинене людською діяльністю, веде до погіршення якості водних об'єктів, що викликає все більшу стурбованість. Основними джерелами забруднення є промислові, сільськогосподарські та побутові скиди, які містять небезпечні хімікати, важкі метали, нафтопродукти та інші небезпечні речовини.

Якість питної води є одним із основних аспектів, які впливають на здоров'я людини. Хімічно забруднена, забруднена важкими металами або мікроорганізмами, вода безумовно може призвести до серйозних захворювань, таких як кишкові інфекції, отруєння і навіть спричинити хронічні хвороби.

Для оцінки якості води можна використовувати методику:

$$WQI = \sum_{i=1} w_i * I_i$$

де WQI – число від 0 до 100;  $I_i$  – підіндекс для  $i$ -го параметра, який вираховується за кривою шкідливості, число від 0 до 100;  $w_i$  – вагові коефіцієнти, визначені експертно групою з 142 фахівців (цифри від 0 до 1).

Оцінювання якості природних вод за допомогою показника WQI набуває все більшої популярності. Останніми роками спостерігається, без перебільшення, лавиноподібне зростання таких публікацій і глобальних звітів. Цей метод інтегральної оцінки модифікують (Канадський індекс CWQI) уводять додаткові параметри, враховують фактор частотності тощо.

Зростаючий рівень забруднення водних ресурсів вимагає впровадження ефективних методів захисту та відновлення. Сучасні методи, такі як біологічне очищення, мембранні технології, озонування та адсорбція, допомагають зменшити рівень забруднення та покращити саму воду. У таблиці наведено основні характеристики цих методів. (табл.1).

Таблиця 1

Сучасні методи очищення води

| Метод очищення       | Принцип дії                                      | Переваги                              | Недоліки                            |
|----------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Біологічне очищення  | Використання бактерій для розщеплення забруднень | Екологічність, низькі витрати енергії | Потребує контролю за мікрофлорою    |
| Мембранні технології | Фільтрація через напівпроникні мембрани          | Висока ефективність                   | Висока вартість обладнання          |
| Озонування           | Обробка води озоном для знищення мікроорганізмів | Ефективне знезараження                | Вимагає спеціального обладнання     |
| Адсорбція            | Поглинання забруднень активованим вугіллям       | Простота у використанні               | Потребує регулярної заміни фільтрів |

Питна вода є одним із найважливіших елементів для існування людей і для подальшого розвитку суспільства, тому особливо слід звертати увагу на її якість. В рамках роботи були розглянуті основні проблеми забруднення води, а також сучасні технології охорони водойм. Проаналізований метод WQI, який набуває все більшої популярності в світі. Для того, щоб менеджмент водних ресурсів був дієвим, потрібно вводити ефективні методи очищення води. Лише поєднання заходів очистки води дозволить забезпечити чистоту водних ресурсів для нинішніх і майбутніх поколінь.

БАБУШКІНА А.М (УКРАЇНА, КРЕМЕНЧУК)

## ОХОРОНА ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

*Кременчуцький ліцей №30 «Олімп»*

*39600, провулок Княжий, 3, Кременчук, Україна; kremlit30@gmail.com*

Abstract. The problems regarding the pollution of the aquatic environment were always an actual one for ecology. Considering the amount of fresh water left it is important to pay attention to this. Now, in the terms of war, such things especially cannot be ignored. Considering the amount of damage Russia done to the environment, it is important to show the scale of the disasters. The amount of damage that was done and the time it will take to restore it to normal was investigated.

За три роки повномасштабної війни росія завдала великі збитки навколишньому середовищу. Згідно з підрахунками на 2024 рік, внаслідок російської агресії було винищено 50 тисяч дельфінів, що являється п'ятою частиною популяції дельфінів Чорного моря, в той час як в довоєнний час фахівці нараховували близько 250 тисяч особин. Причинами смертності є використання суднами ехолокаторів, що збивають тварин та заважають орієнтуватися в просторі, а також отруєння мастилом, яке зберігалось в турбінах та трансформаторах Херсонської ГЕС, яку було підірвано в червні 2023 року. Крім того, під загрозою являються рідкісні філофорні поля червоних водоростей, адже їх зникнення також спровоковане постійними викидами нафти, шумом та пожежами. І насамкінець, забруднення води та зміна клімату спровокувала підвищення кількості медуз в Чорному морі через підлив ГЕС та викид у воду надмірної кількості хімічних та органічних речовин що виснажило рибні запаси в Середземноморному і Чорному морях

Отже, яким же чином можна спробувати відновити це в майбутньому? По-перше, на мою думку звісно стануть в нагоді пристрої для очищення води від нафти та інших забруднень. Також, зараз техніка клонування вже досягла своїх висот на тваринах, тому вже є можливість використовувати ДНК зараз наявних особин дельфінів та інших морських істот для подібних спроб, доки вони ще є. Забруднений нафтою пісок обов'язково треба утилізувати, натомість замінивши привезеним, як приклад, з Африки.

КОГУТ Р.Я., ОДНОРІГ З.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна*

**Abstract.** The state of surface waters plays a key role in ensuring the environmental safety of the region and meeting the population's need for high-quality water resources. In the context of escalating environmental challenges and climate change, an effective environmental monitoring system becomes particularly important, allowing timely responses to negative impacts.

Одним із ключових напрямів екологічної політики України є забезпечення раціонального використання та збереження водних ресурсів, зокрема шляхом впровадження сучасної системи екологічного моніторингу. Відповідно до Програми державного моніторингу вод [1], моніторинг у 2025 році здійснюється за трьома напрямками: діагностичний, операційний та дослідницький. Загалом у межах семи річкових басейнів України передбачено 547 пунктів моніторингу, з яких 139 знаходяться на водних об'єктах, що використовуються для питного водопостачання.

Діагностичний моніторинг забезпечує комплексне вивчення стану водних екосистем, операційний – відслідковує зміни за пріоритетними показниками, а дослідницький – зосереджується на виявленні нових або малодосліджених видів забруднень. Основними органами, що здійснюють моніторингові дослідження, є Державна служба України з надзвичайних ситуацій (гідрометеорологічні центри), відповідальні за вивчення біологічних, гідроморфологічних та фізико-хімічних параметрів, а також Державне агентство водних ресурсів України, яке зосереджується на контролі за хімічними пріоритетними речовинами та специфічними забруднюючими речовинами басейнів.

У 2025 році система державного моніторингу поверхневих вод Львівської області функціонує в межах 43-х затверджених пунктів спостережень. Основними водними басейнами регіону є Західний Буг (11 пунктів), Дністер (24 пункти), Сян (6 пунктів) та Дніпро (2 пункти в суббасейні річки Прип'ять) [2]. Державне агентство водних ресурсів України. Басейнове управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну. МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.

На території Львівщини основна увага приділяється тим масивам поверхневих вод, які мають стратегічне значення для забезпечення потреб населення питною водою. Отримані результати моніторингових досліджень є основою для оцінки екологічного стану поверхневих вод Львівської області, здійснення аналізу динаміки зміни якості вод, визначення тенденції забруднення, а також розробляються превентивні заходи щодо зниження екологічних ризиків для здоров'я населення та біорізноманіття, а також формування, та коригування планів управління річковими басейнами.

*Програма (2025)* враховує фактор можливого забруднення поверхневих вод внаслідок воєнних дій на території України. Вона спрямована не лише на фіксацію поточного стану, а й на довгострокове прогнозування можливих змін, викликаних як антропогенними, так і природними факторами. Збір і систематизація даних дозволяє своєчасно виявляти джерела забруднення, впроваджувати ефективні заходи екологічної безпеки, а також підвищувати рівень екологічної обізнаності громадськості.

Екологічний моніторинг сприяє своєчасному реагуванню на екологічні загрози, збереженню водних ресурсів, дозволяє прогнозувати можливі ризики для здоров'я населення й природного середовища, забезпечує підґрунтя для прийняття управлінських рішень на рівні місцевих громад, регіону й держави загалом, та є важливим інструментом забезпечення сталого розвитку Львівщини та ефективного природокористування.

### Джерела інформації

1. Програма державного моніторингу вод (у частині діагностичного, операційного та дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод) на 2025 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/nakaz-mindovkillya-29-vid-08-01-2025/>

2. Державне агентство водних ресурсів України. Басейнове управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну. МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД. URL: <https://buvrzhts.davr.gov.ua/%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3-%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%85-%D0%B2%D0%BE%D0%B4/>

КОВАЛІВ Ю.В. (УКРАЇНА, ДУБЛЯНИ)

## БІОСОБЕНТИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДИ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ КУКУРУДЗИ

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.Г. Гжицького (Північний кампус)*

*80381, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська область;*

[rectorat@lnup.edu.ua](mailto:rectorat@lnup.edu.ua)

**Abstract.** Corn residues can be as an abundant and sustainable biosorbent for water purification. Biochars and chemically modified materials from corn straw, cobs, and stalks effectively remove nitrates, phosphates, and ammonium. The modification of corn-based sorbents with metals and chemical agents increases adsorption capacity, offering an eco-friendly solution for agricultural waste reduction and wastewater treatment.

Біосорбція на основі активованого вугілля довгий час вважалася традиційно кращим методом через велику площу поверхні, пористість і високу поглинальну здатність сорбента, а також простоту конструкції та її експлуатації. Проте комерційне активоване вугілля дороге, оскільки високі потреби в енергії для термічної, або хімічної активації процесів, що поєднують карбонізацію та активацію, вимагають дорогої переробки, а виробництво активованого вугілля з недорогої сировини, обробленої при низьких температурах, залишається складним.

Процес оптимізування роботи біосорбенту має включати фактори, що визначають вартість технологій та процесів, зокрема, регулювання рівня рН, показники практичного завантаження, дезактивації (періодичної, або колонної) і регенерації біосорбенту.

Лушпиння, стебла та качани кукурудзи містять целюлозу та лігнін, що робить їх придатними для виробництва біосорбентів. Після термічної обробки (піролізу, карбонізації) матеріал набуває мікро- та мезопористої структури, що покращує його сорбційні властивості.

Однак, застосування таких біосорбентів не завжди передбачає високі показники ефективності процесу сорбції для видалення забруднюючих речовин різної природи, а концентрації поллютантів після сорбції не відповідали екологічним нормам щодо скидів. Високі показники сорбції досягаються завдяки модифікації матеріалу різними хімічними агентами та металами. Біовугілля з кукурудзяних качанів, стебел і соломи демонструє широкий діапазон ефективності (табл. 1) залежно від умов сорбції та типу забруднень.

Таблиця 1

### Характеристика різних біосорбентів, отриманих із залишків кукурудзи

| Тип біосорбенту                                                                     | Метод сорбції  | Місце дослідження | Тип води                      | Цільовий забрудник  | Ефективність видалення (%) | Умови сорбції                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| Біовугілля з кукурудзяної соломи, модифіковане сульфатом заліза (хімічна активація) | Фіксований шар | Хенань, Китай     | Синтетична вода (стічні води) | Загальний фосфор    | 80-99                      | Co = 1.9-2.5 мг/л, bh = 0.5 м, q = 0.7 мг/г |
| Біовугілля з кукурудзяних стебел (без активації)                                    | Пакетний метод | Нью-Йорк, США     | Синтетична вода               | Нітрати та фосфати  | 98-99                      | Co = 0.1-10 мг/л, Da = 10 г/л               |
| Кукурудзяні качани, модифіковані амінами, немодифіковані качани (хімічна активація) | Пакетний метод | Сідней, Австралія | Синтетична вода               | Нітрати             | 10-50                      | Co = 20 г/л, Da = 0.1-1 г/л, q = 50 мг/г    |
| Біовугілля з кукурудзяних качанів (без активації)                                   | Фіксований шар | Чіангмай, Таїланд | Стічні води свиноферм         | Іон амонію, фосфати | 72-76                      | Co = 0.7-15 мг/л, bh = 1 м                  |

Перевагами біосорбенту з кукурудзяних відходів є: одержання з природних ресурсів, його регенерування, або безпечне утилізування можливі шляхом належної обробки, без емісії шкідливих побічних продуктів під час використання, уникаючи вторинного забруднення навколишнього середовища.

ВОВК А. В., ФЕДОНЮК М. А. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ІНДЕКСІВ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ СУПУТНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ВОДНОСТІ ТЕРИТОРІЇ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Луцький національний технічний університет  
43018, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна; lanton.vovk@gmail.com*

**Abstract.** The work is devoted to the possibilities of applying remote sensing methods to monitor the water content of the region. Comparison of different remote indices for humidity estimation was carried out, averaged numerical values of water content indices for a 5-year period and by seasons were obtained, changes in the area under water in several key areas were estimated, a series of graphs based on the results of measurements and their analysis was developed.

У час кліматичних змін одним з найважливіших чинників впливу на довкілля та життєдіяльність людини є водність, вологозабезпеченість територій. Глобальні кліматичні зміни, що в першу чергу відображаються у поступовому зростанні температур, мають складні регіональні прояви, серед яких чи не на першому місці стоїть порушення водного балансу. Така ситуація вимагає посиленого і деталізованого моніторингу стану водних об'єктів. Проте, стаціонарні спостереження за водним режимом проводяться лише на кількох об'єктах області, а метеорологічні – на 6 метеостанціях. Цього явно недостатньо для повноцінної оцінки стану та динаміки водності регіону. Але застосування дистанційних методів дослідження може значно допомогти у цьому питанні.

Основними джерелами даних для роботи взято матеріали супутників Sentinel-2 і Landsat-8,9 за період 2020-2024 роки. Застосовані найпоширеніші спектральні індекси водності та вологості, зокрема, NDWI, NDMI, MNDWI, NWI, RDI, SR-SWIR, NDII, DSWI. Для оцінки обрано ряд ключових ділянок, що представляють мішаний ліс, водойму, меліоровану заплаву річки, оброблюване поле.

Детальний статистичний аналіз за нормалізованим диференційованим індексом води NDWI показав, що в загальному найвищі показники, природньо, характерні для озера, найнижчі – для лісу та луків, середні – для оброблюваного поля. Характерна сезонність значень для лісу, поля та осушувальної системи. Для озера у літні сезони рівень NDWI найнижчий, хоча рівні води тоді не завжди були мінімальні. Зима 2023 року характеризувалась найвищим значенням індексу. Разом із тим, значення дуже мінливі, з досить різкими стрибками навіть між сусідніми датами (через хвилі, вітер, розвиток водної рослинності тощо). Для лісу максимальні значення характерні для зимового сезону, мінімальні (в середньому -0,77) – для літнього сезону активної вегетації та транспірації. Для поля максимальні середні значення трохи більші нуля, середні – біля -0,4. Так само найвищі значення взимку, найнижчі – влітку.

Оцінка за індексом вологості NDMI дозволяє побачити, що для поля є чітка сезонність, що прямо корелює з вегетацією рослин. Відбувається наростання індексу з березня-квітня із максимумом біля 0,5 у червні-липні та подальше поступове спадання (іноді спадання різке, після збору урожаю і наступної жаркої погоди). Окремі високі значення (до +0,95) є і у зимові місяці, але найчастіше це окремі дні із сніговим покривом. Хід NDMI для заплави річки набагато плавніший, ніж у інших ділянок, є постійне поступове зростання і спадання залежно від стану вегетації лучної рослинності. Максимуми 0,35-0,4 досягаються щороку в червні, і тривають до серпня, іноді по вересень. Є разові «снігові» максимуми до 0,9, але вони не тривалі. Для лісової ділянки ситуація схожа, тільки високі значення більш тривалі.

Порівняння цих індексів показує, що NDWI корисний безпосередньо для оцінки площі водойм, але мало придатний для оцінки вологості ґрунту. NDMI відображає в першу чергу вологу у рослинному шарі, і не завжди коректно показує водні об'єкти чи ґрунти. Ми спробували скомпонувати кілька інших індексів, модифікуючи скрипт відображення в EO-Browser. Порівнюючи такі зображення, найкращу картину візуалізації вологості видно у комбінаціях RDI та SR-SWIR.

Таким чином, для повноцінної оцінки водності за дистанційними даними доцільне комплексне застосування та обробка даних (включно з кластеризацією) за індексами NDWI, NDMI, RDI та SR-SWIR для різних типів ключових ділянок.

ПОПАДЮК А.І, РОМАНЮК Л.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ У ЛЬВОВІ ТА ОБЛАСТІ***Відокремлений структурний підрозділ «Львівський фаховий коледж Львівського національного університету природокористування»**79000, вул. Замарстинівська, 167, Львів, Україна; romanyuk.liliana20@gmail.com*

На території м. Львова, смт. Брюховичі та м. Винники розміщено більше 10 природних джерел, вода з яких використовується мешканцями міста і сіл. Природні джерела не можуть систематично використовуватись населенням для питних потреб, оскільки вони не є джерелами централізованого водопостачання і відповідно не мають обслуговуючого персоналу. Для таких джерел не встановлені зони санітарної охорони, в межах яких забороняється господарська діяльність. В зв'язку з цим, якість води з таких природних джерел має нестабільні показники, які залежать від багатьох факторів техногенного та природного характеру (санітарно-хімічні та санітарно-мікробіологічні показники можуть коливатися інколи протягом одного тижня), що робить її непридатною для споживання людиною і може призвести до виникнення гострих кишкових інфекцій бактеріальної та вірусної етіології, ряду інфекційних захворювань.

З огляду на це, нами проведено порівняльний аналіз якості водопровідної води та води з відкритих джерел у районах м. Львова, а також води з торгових автоматів і колодязної в деяких населених пунктах Львівщини (табл. 1).

Таблиця 1

**Показники якості води 2024 р.**

| Джерело води                     | Загальна твердість, моль/л ( $\leq 7,0$ ) | Загальний вміст феруму, мг/л ( $\leq 0,2$ ) | pH (6,5-8,5) | Вміст нітрат-іонів, мг/л ( $\leq 50,0$ ) | Загальна мінералізація, мг/л ( $\leq 1000$ ) |
|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Водопровідна вода, райони Львова |                                           |                                             |              |                                          |                                              |
| Шевченківський                   | 2,55                                      | 0,010                                       | 6,51         | 18,40                                    | 300                                          |
| Галицький                        | 2,98                                      | 0,015                                       | 6,98         | 22,25                                    | 343                                          |
| Сихівський                       | 2,65                                      | 0,014                                       | 6,88         | 15,45                                    | 247                                          |
| Вода з відкритих джерел          |                                           |                                             |              |                                          |                                              |
| вул. Топольна                    | 2,38                                      | 0,014                                       | 7,48         | 39,94                                    | 274                                          |
| Парк 700-річчя                   | 3,93                                      | 0,068                                       | 6,95         | 84,10                                    | 462                                          |
| вул. Замкова                     | 2,81                                      | 0,017                                       | 7,13         | 48,16                                    | 599                                          |
| Вода з торгових автоматів        |                                           |                                             |              |                                          |                                              |
| «Розена»                         | 0,20                                      | 0,006                                       | 7,19         | 1,19                                     | 38                                           |
| «Водолій»                        | 0,15                                      | 0,008                                       | 6,51         | 3,28                                     | 28                                           |
| «Твоя вода»                      | 2,15                                      | 0,010                                       | 6,53         | 8,35                                     | 88                                           |
| Колодязна вода                   |                                           |                                             |              |                                          |                                              |
| Борщовичі                        | 6,45                                      | 0,217                                       | 7,03         | 105,15                                   | 1035                                         |
| Новий Яричів                     | 4,63                                      | 0,010                                       | 6,85         | 66,9                                     | 669                                          |
| Ямпіль                           | 5,68                                      | 0,016                                       | 7,40         | 56,85                                    | 481                                          |

На підставі проведених досліджень можна зробити висновки:

- Водопровідна вода у Львові з різних районів відповідає Державним нормам.
- Вода з відкритих джерел може використовуватись для технічних потреб, але не рекомендується її вживання як питної у зв'язку з відсутністю періодичного лабораторного контролю.
- Вода з торгових автоматів характеризується найнижчими значеннями за всіма показниками, але її низька мінералізація також не є позитивною характеристикою, адже вона може не забезпечувати організм людини потрібною кількістю мінералів.
- Колодязна вода виявилась за показниками найбруднішою, в одній із проб зафіксовано перевищення вмісту Fe та мінералізації. Воду із колодязя можна використовувати для щоденних потреб тільки у випадку періодичного лабораторного обстеження.

## МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД Р. САПАЛАЇВКА

*Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, проспект Волі, 13, Луцьк, Україна; vnu.edu.ua*

**Abstract.** An ecological assessment of the quality of surface waters of the Sapalaivka River was carried out using block indices: indicators of salt composition, trophic-saprobiological composition and indicators of specific substances of toxic action. According to the calculated value of the complex ecological index, classes and categories of surface water quality were distinguished according to the degree of their pollution.

Річка Сапалаївка належить до басейну р. Стир і є її правою притокою першого порядку. Протікає річка по території Волинської області (зі сходу на захід перетинає місто Луцьк та трохи виходить за межі міста в Луцькому районі).

Якість поверхневих вод річки досліджувалася у створі вул. Теремнівська м. Луцька та далі за течією у створі вул. Набережна. Класи та категорії якості води визначені за значеннями індексу забруднення компонентами сольового складу, індексу трофо-сапробіологічних показників, індексу специфічних показників токсичної дії та комплексного екологічного індексу. Далі представлені таблиці значень якості води р. Сапалаївка у двох пунктах спостережень у травні 2023 р. (табл. 1-4).

Таблиця 1

### Якість води за індексом забруднення компонентами сольового складу, $I_1$

| місце відбору проб | $I_1$ | категорія якості | клас якості | клас якості за станом | категорія якості за станом | клас якості за ступенем чистоти | категорія якості за ступенем чистоти |
|--------------------|-------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Вул. Теремнівська  | 1,3   | 1                | I           | відмінні              | відмінні                   | дуже чисті                      | дуже чисті                           |
| Вул. Набережна     | 1,7   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |

Таблиця 2

### Якість води за індексом трофо-сапробіологічних показників, $I_2$

| місце відбору проб | $I_2$ | категорія якості | клас якості | клас якості за станом | категорія якості за станом | клас якості за ступенем чистоти | категорія якості за ступенем чистоти |
|--------------------|-------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Вул. Теремнівська  | 1,9   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| Вул. Набережна     | 3,4   | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |

Таблиця 3

### Якість води за індексом специфічних показників токсичної дії, $I_3$

| місце відбору проб | $I_3$ | категорія якості | клас якості | клас якості за станом | категорія якості за станом | клас якості за ступенем чистоти | категорія якості за ступенем чистоти |
|--------------------|-------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Вул. Теремнівська  | 2,0   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| Вул. Набережна     | 3,7   | 4                | III         | задовільні            | задовільні                 | забруднені                      | слабкозабруднені                     |

Таблиця 4

### Якість води за комплексним екологічним індексом, $I_E$

| місце відбору проб | $I_E$ | категорія якості | клас якості | клас якості за станом | категорія якості за станом | клас якості за ступенем чистоти | категорія якості за ступенем чистоти |
|--------------------|-------|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Вул. Теремнівська  | 1,7   | 2                | II          | добрі                 | дуже добрі                 | чисті                           | чисті                                |
| Вул. Набережна     | 2,9   | 3                | II          | добрі                 | добрі                      | чисті                           | досить чисті                         |

При протіканні через територію м. Луцьк якість води р. Сапалаївка знижується в основному через очисні споруди дощового стоку та сміттєзбірники гуртожитків Луцького автозаводу, смітники та стоки з приватного сектору.

ЛИННИК Д.О., ГРИЦУЛЯК Г.М., КОЦЮБИНСЬКИЙ А.О. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НАФТОПРОДУКТАМИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна; dianora123456789@gmail.com

**Abstract.** Pollution of water resources by oil products is a serious problem today. Once in the soil, pollutants gradually seep into groundwater and subsequently enter surface water bodies. Pollution of surface waters by components of fuels and lubricants negatively affects all biological processes in local ecosystems and poses a threat to human life. Ukraine has a large number of decommissioned sites intended for the storage of fuels and lubricants and rocket fuel components. The purpose of this study is to assess the water quality of surface water bodies in the area of possible contamination with fuels and lubricants.

При потрапленні нафтопродуктів у водойму на поверхні води утворюється плівка з нерозчинних фракцій нафтопродуктів, що перешкоджає проходженню кисню з повітря до води, як наслідок чутливі гідробіоти гинуть [1]. Поліциклічні ароматичні вуглеводні мають більший токсичний вплив на водні організми порівняно із наземними [2].

У рамках дослідження нами було здійснено відбір проб води з пожежних ставків в зоні імовірного забруднення. Проби відбирали у пластикові 2 літрові тари. Всього відібрано 5 проб води. Проби № 1 та №2 відібрано зі ставків, що знаходилися поряд зі складами для збереження паливно мастильних матеріалів. Проби № 3-5 на територіях призначених для обслуговування частини забезпечення паливно мастильними матеріалами (табл.1). У таблиці 1 відображено результати фізико-хімічних вимірювань показників якості води з досліджуваних водойм.

Таблиця 1

Результати лабораторного аналізу проб води (мг/дм<sup>3</sup>).

| № з/п | Назва показник                           | Одиниці вимірювання               | Результати вимірювань |     |     |     |     |
|-------|------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
|       |                                          |                                   | 1                     | 2   | 3   | 4   | 5   |
| 1     | Ph                                       | одиниці Ph                        | 6,7                   | 6,8 | 8   | 7,9 | 7,6 |
| 2     | Розчинений кисень                        | мг/дм <sup>3</sup>                | 4,2                   | 4,8 | 7,6 | 7,8 | 8,6 |
| 3     | Біохімічне споживання кисню              | мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 2,8                   | 2,6 | 1,7 | 1,6 | 1,2 |
| 4     | Хімічне споживання кисню                 | мгО/дм <sup>3</sup>               | 189                   | 174 | 73  | 70  | 36  |
| 5     | Мінералізація                            | мг/дм <sup>3</sup>                | 57                    | 84  | 219 | 236 | 213 |
| 6     | Маса концентрація суспендованих частинок | мг/дм <sup>3</sup>                | 67                    | 28  | 22  | 46  | 17  |

У пробах 1-2 спостерігається підвищений показник біохімічного споживання кисню та хімічного кисню, що свідчить про наявність забруднюючої речовини для реакції окислення якої витрачається кисень. Вміст розчиненого кисню пробах № 1 та № 2 значно нижчий ніж у пробах № 3-5.

Отже, забруднення водних ресурсів компонентами паливно мастильних матеріалів є комплексною проблемою з негативними наслідками для навколишнього Проте, середовища. показники у водоймах, що знаходяться у зоні забруднення паливними матеріалами суттєво відрізняються від показників водойм, що знаходяться на певній відстані від вищезгаданих зон. Якісний склад води та показники концентрації кисню, споживання біохімічного та хімічного кисню свідчать про перебіг певних реакцій у водоймах № 1 та № 2.

### Література:

1. Goncharuk, V. V., Kovalenko, V. F., Holovkov, A. M., Nanieva, A. V., & Osmalena, O. V. (2022). Determination of the toxicity of petroleum products for aquatic organisms using comprehensive bioassay. Journal of water chemistry and technology, 44(1), 21-25. <https://doi.org/10.3103/S1063455X220100392>
2. 3. Wang, S., Li, C., Zhang, L., Chen, Q., & Wang, S. (2024). Assessing the ecological impacts of polycyclic aromatic hydrocarbons petroleum pollutants using a network toxicity model. Environmental Research, 245, 117901. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117901>

ГОСТЄВА Д.В., ТРОХИМЕНКО Г.Г ( УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ЇХ МОЖЛИВИЙ ВПЛИВ НА ВОДНУ БЕЗПЕКУ МІСТА МИКОЛАЄВА

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 54007, пр. Героїв України, 9, Миколаїв, Україна e-mail: [dinagosteva3@gmail.com](mailto:dinagosteva3@gmail.com)

**Abstract.** The impact of climate change on water resources in Mykolaiv over the past 50 years is analysed. It was found that the average air temperature increased by 1.5-2°C, which led to an increase in the number of hot days and a decrease in cold periods. Changes in the precipitation regime have led to the decline in groundwater levels and changes in the city's water balance. The study includes an analysis of long-term temperature, precipitation, and humidity averages, and their impact on Mykolaiv's water resources. To minimize the negative consequences, it is necessary to implement adaptation measures, continuously monitor climate change, and develop comprehensive water security strategies for the city.

Зміна клімату в Миколаєві за останні 50 років стала суттєвим фактором, який впливає на водну ситуацію в регіоні. За цей період температура повітря підвищилася на 1,5-2°C, що призвело до збільшення кількості спекотних днів та зменшення холодних періодів. Рекордні температури досягли +41,6°C влітку у 2024 року та -25,9°C взимку у 2006 році. Таке потепління впливає на водний баланс регіону, знижуючи рівень підземних вод та змінюючи стік річок.

Опади в Миколаєві розподіляються нерівномірно, а загальна кількість опадів має тенденцію до зменшення у довгостроковій перспективі. Найбільша середня кількість опадів була зафіксована в період 1990-1999 років - 397,0 мм. У 2000-2009 роках цей показник збільшився до 416,6 мм. Протягом 2010-2019 років кількість опадів становила 409,3 мм, а в 2020-2023 роках спостерігається тимчасове зростання до 460,5 мм, це ймовірно, через короточасні кліматичними коливаннями.

Загалом, більшість опадів випадає влітку, що є характерним для помірно-континентального клімату. Однак, високі температури сприяють інтенсивному випаровуванню води. Зниження вологості повітря влітку, що послаблює поповнення підземних джерел, таким чином, створює ризики для водних ресурсів регіону.

Для детального аналізу кліматичних змін у Миколаєві були використані дані про середню температуру повітря, кількість опадів та відносну вологість за період 1975-2023 років.

Узагальнення середніх показників за десятиліття дозволило виявити основні тенденції, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Кліматичні показники Миколаєва

| Десятиліття    | Середня температура (°C) | Середня кількість опадів (мм) | Середня відносна вологість (%) |
|----------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1975-1984 роки | 10,11                    | 486,47                        | 71,63                          |
| 1985-1994 роки | 09,79                    | 392,73                        | 72,48                          |
| 1995-2004 роки | 10,26                    | 443,25                        | 71,76                          |
| 2005-2014 роки | 11,13                    | 408,48                        | 70,94                          |
| 2015-2023 роки | 11,68                    | 428,66                        | 71,83                          |

Зміни клімату призводять до підвищення температури та зниження вологості повітря, що спричиняє активне випаровування та зниження рівня підземних вод. Це значно ускладнює водопостачання Миколаєва, оскільки підземні води є одним із ключових альтернативних джерел для міста.

Посилення посухи в регіоні ускладнює доступ до чистої питної води, тому необхідно впроваджувати ефективні адаптаційні заходи. Серед них: раціональне використання водних ресурсів, модернізація систем водопостачання, застосування технологій водозбереження, впровадження сучасних методів очищення води, а також систематичний моніторинг і контроль рівня ґрунтових та підземних вод.

ФІЛОНЕНКО Д. А. (УКРАЇНА, ЧЕРНІГІВ)

## КОЛИВАННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ НУКЛЕЙНОВИХ КИСЛОТ ТКАНИНАХ І ОРГАНАХ РИБ ЯК ПОКАЗНИК СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МІКОТОКСИНАМИ

*Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка  
14033, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, Україна; [mekhedolga@gmail.com](mailto:mekhedolga@gmail.com)*

**Abstract.** The concentration of nucleic acids in fish tissues and organs serves as an essential biomarker for assessing water pollution levels. This study examines fluctuations in nucleic acid content in *Cyprinus carpio* under the influence of mycotoxins and oxidative stress factors. The findings contribute to improving biomonitoring techniques and ensuring sustainable management of aquatic ecosystems.

Забруднення водного середовища токсикантами різної природи, зокрема мікотоксинами, впливає на життєдіяльність гідробіонтів, викликаючи зміни на клітинному та молекулярному рівнях. Одним із ключових показників впливу забруднювачів є концентрація нуклеїнових кислот у тканинах і органах риб, що дозволяє оцінити рівень метаболічного стресу та адаптивні механізми. Аналіз цих показників сприяє досягненню Цілей сталого розвитку (ЦСР), зокрема ЦСР 6 «Чиста вода» та ЦСР 14 «Збереження морських екосистем», що передбачають контроль за якістю водних ресурсів та захист водних біосистем.

Мета: визначити коливання кількісного вмісту нуклеїнових кислот у тканинах і органах риб під впливом мікотоксинів як показник рівня забруднення водного середовища та ефективності адаптивних механізмів гідробіонтів.

Дослідження підтверджують, що вміст нуклеїнових кислот у тканинах риб змінюється залежно від рівня забруднення середовища, що робить їх важливими біомаркерами екологічного стану водойм. Дослідження Мехед О.Б. (2013) показало, що вміст нуклеїнових кислот у тканинах коропа значно варіюється залежно від умов утримання. Це підтверджує, що зміни рівня ДНК та РНК можуть бути індикаторами впливу токсичних речовин та стресових чинників у водному середовищі. Вплив токсикантів на антиоксидантний захист риб досліджували Симонова Н.А. та Іскевич О.В. (2016). Було встановлено, що токсичні речовини порушують рівновагу антиоксидантних механізмів у печінці коропа, що може супроводжуватися змінами у вмісті нуклеїнових кислот. Тюпова Т. та ін. (2023) у своїй роботі досліджували реакцію біомаркерів оксидативного стресу у наземних молюсків. Використання біомаркерів дозволяє виявляти забруднення водних екосистем на ранніх стадіях. Збереження водних біосистем (ЦСР 14 «Збереження морських екосистем») – контроль за впливом токсикантів сприяє зменшенню негативного антропогенного впливу. Забезпечення безпеки аквакультури та рибного господарства – оцінка впливу токсикантів допомагає запобігти їх накопиченню в рибі, що є важливим для здоров'я людини. Коливання вмісту нуклеїнових кислот у тканинах і органах риб під впливом мікотоксинів є надійним показником забруднення водного середовища. Результати досліджень підтверджують необхідність впровадження молекулярно-біохімічного моніторингу в практику екологічного контролю. Використання біомаркерів сприятиме досягненню **цілей сталого розвитку**, зокрема збереженню водних ресурсів, контролю за екологічним станом водойм та запобіганню негативного впливу токсикантів на рибне господарство.

Мехед О. Б. Вміст нуклеїнових кислот в органах та тканинах коропа залежно від умов утримання. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2013. №3 (56). С. 73-78

Симонова Н. А., Іскевич О. В., Мехед О. Б. Вивчення впливу токсикантів різної хімічної природи на активність системи антиоксидантного захисту у печінці цьогорічки коропа лускатого. Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці. Збірка наукових праць. Харків, Х.: Технологічний Центр, 2016. С. 5

Тюпова Т., Ткаченко Г., Мехед О., Курхалюк Н. Відповіді на оксидативний стрес у наземних молюсків як біомаркери для оцінки впливу токсикантів. ВНТ: Biota, Human, Technology, 2023. No1. С. 41-51.

ПОДОЛЯН А.С., МАРЦЕНЮК Д.Ю., ВАСИЛІНИЧ Т.М. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## **ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ХРОМУ (III) ПРИРОДНИМИ АДСОРБЕНТАМИ**

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, 21001, вул. Острозького, 32, Вінниця, Україна; info@vspu.edu.ua*

**Abstract.** The kinetic features of the adsorption of chromium ions (III) on bentonite clays of the Cherkasy field were investigated and experimental data is identified according to existing theoretical models. The experimental data is described by the Langmuir isotherm with minimal deviations of the relative theoretical model.

Водоресурсний потенціал України є ключовим фактором її економічного розвитку та екологічної безпеки. Контамінація водних екосистем іонами важких металів є екологічно значущою проблемою, що обумовлена їхньою високою токсичністю та біоаккумуляцією. Основними антропогенними джерелами надходження цих забруднювачів є підприємства чорної та кольорової металургії, а також машинобудівної промисловості. В умовах обмеженості фінансування підприємствам необхідно інвестувати в екологічно чисті технології очищення стічних вод, що забезпечать не лише економічну вигоду, але й збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Один із пріоритетних завдань у галузі охорони навколишнього середовища є пошук ефективних та безпечних технологій очищення стічних вод. В природі існують такі безпечні методи, в основу яких покладена адсорбція антропогенних забруднювачів при проходженні води через наземні та підземні горизонти мінералів (глин, силікатів, цеолітів тощо).

Адсорбційний метод очищення води від токсикантів має ряд суттєвих переваг, які роблять його одним з найбільш популярних і ефективних. Основні переваги адсорбційного методу: висока ефективність видалення забруднювачів, універсальність, відносна простота та доступність, можливість регенерації адсорбенту, відсутність вторинного забруднення, можливість застосування в різних масштабах. Незважаючи на деякі обмеження, адсорбційний метод є ефективним та економічно вигідним способом очищення води від токсикантів.

Метою роботи є дослідження сорбційних характеристик бентонітових глин Черкаського родовища та перспективних напрямків їх використання в процесах очищення забруднених вод від іонів хрому(III). На території України налічується понад 110 родовищ та проявлень бентонітів. Бентонітові глини в природному чи активованому вигляді мають високі адсорбційні властивості і широко використовуються, як природний адсорбент для очищення стічних вод. Так, за крупності фракції 0,5...1 мм, ємність поглинання катіонів важких металів природного монтморилонітового бентоніту становить 1821 мг екв/100 г.

Дослідження процесу сорбції іонів хрому (III) проводили в статичних умовах. Попередньо готували модельні розчини солей досліджуваного металу концентрацією від 0,1 до 0,5 г/л. Для аналізу води брали наважку глини масою 5 г на 100 мл досліджуваного розчину. Колби закривали пробками і струшували протягом 3-х годин. Після закінчення процесу сорбції розчини відділяли від твердої фази фільтруванням. Концентрацію іонів хрому визначали титриметрично. У результаті проведених досліджень встановлено, що при тривалості адсорбції 24 години і концентрації 0,1 г/л ступінь вилучення іонів хрому становить 83 %, а при концентрації 0,5 г/л – 77 %. Аналогічні дослідження було проведено для модифікованої глини і встановлено, що ступінь адсорбції зростає і становить при концентрації полютанту 0,1 г/л – 90 %, а при концентрації 0,5 г/л – 82 %.

Експериментально встановлено кінетичні особливості адсорбції іонів хрому(III) на бентонітових глинах Черкаського родовища та здійснено ідентифікацію експериментальних даних за існуючими теоретичними моделями. Експериментальні дані описуються ізотермою Ленгмюра з мінімальними їх відхиленнями відносно обраної теоретичної моделі.

Проведені дослідження підтвердили перспективність застосування бентонітових глин для очищення стічних вод від іонів хрому (III) та можливість застосування теорії мономолекулярної адсорбції для розрахунку процесу.

БАСЮК Т.О. (УКРАЇНА, РІВНЕ)

## ВПЛИВ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

*Національний університет водного господарства та природокористування*

*33028, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна,*

[t.o.basyuk@nuwm.edu.ua](mailto:t.o.basyuk@nuwm.edu.ua)

**Abstract.** The article analyzes the catastrophic consequences of Russian aggression on Ukraine's water bodies, including infrastructure destruction and toxic contamination. It examines social impacts such as the risk of epidemics and damage to agriculture. The necessity of a comprehensive approach to address pollution, including monitoring, cleanup, and restoration, is emphasized.

Російська агресія проти України спричинила масштабні руйнування та забруднення, що мають катастрофічні наслідки для екологічного стану водних ресурсів країни. Це не лише загрожує здоров'ю населення, але й завдає шкоди екосистемам.

Одним з ключових аспектів є руйнування критичної інфраструктури. Насосні станції, очисні споруди, водопроводи та каналізаційні системи зазнали значних пошкоджень, що призвело до неконтрольованих витоків забруднених стоків у річки та ґрунтові води. Прикладом є руйнування очисних споруд у містах, таких як Маріуполь та Харків, де неочищені стоки потрапляють безпосередньо у водні об'єкти, створюючи ризик епідемій та забруднення джерел питної води.

Військові дії також спричинили забруднення водних об'єктів токсичними речовинами. Вибухи боєприпасів, пошкодження промислових об'єктів та військової техніки призвели до викидів важких металів, нафтопродуктів та хімічних сполук. Наприклад, обстріли нафтобаз у різних регіонах України призвели до потрапляння нафтопродуктів у річки та ґрунтові води, що завдало значної шкоди водним екосистемам. Особливу небезпеку становить забруднення ґрунтових вод, які є основним джерелом питної води для багатьох населених пунктів. Тривале забруднення ґрунтових вод важко піддається очищенню та може мати довгострокові наслідки для здоров'я населення.

Річки та водосховища, які є важливими для питного водопостачання та зрошення, також зазнають значного забруднення. Це призводить до зниження якості питної води, зменшення рибних запасів та погіршення стану водних екосистем. Забруднення річки Сіверський Донець внаслідок бойових дій, яка є важливим джерелом водопостачання для східних регіонів країни, призвело до загибелі риби та інших водних організмів, що завдало значної шкоди місцевим екосистемам.

Забруднення водних ресурсів має серйозні соціальні наслідки. Обмеження доступу до безпечної питної води створює ризик поширення інфекційних захворювань. Особливо вразливими є діти, літні люди та люди з хронічними захворюваннями, які потребують чистої води для забезпечення свого здоров'я. Забруднення водних ресурсів також завдає шкоди сільському господарству, оскільки забруднена вода не придатна для зрошення. Це може призвести до зниження врожайності, продовольчої кризи та погіршення економічного стану сільських громад.

Оцінка масштабу забруднення водних ресурсів є складним завданням через триваючі бойові дії та обмежений доступ до постраждалих територій. Однак наявні дані свідчать про те, що забруднення є масштабним і потребує негайних заходів. Для подолання наслідків забруднення водних ресурсів необхідний комплексний підхід. Він включає моніторинг якості води, очищення забруднених водних об'єктів, відновлення пошкодженої інфраструктури та забезпечення населення безпечною питною водою. Подолання наслідків забруднення водних ресурсів є важливим завданням для забезпечення екологічної безпеки, здоров'я населення та сталого розвитку країни.

СОХАЦЬКА Х.Ю., ЧЕБАН Б.А., ХУДА Л.В., ЧЕБАН Л.М. (УКРАЇНА, ЧЕРНІВЦІ)  
**ПОТЕНЦІАЛ ЦІАНОБАКТЕРІЙ РОДУ *NOSTOC* У БІОДЕГРАДАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ  
 ВОДИ БІСФЕНОЛОМ А**

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
 58002, вул. М.Коцюбинського, 2, Чернівці, Україна; [l.cheban@chnu.edu.ua](mailto:l.cheban@chnu.edu.ua)

**Abstract.** The potential of cyanobacteria of the genus *Nostoc* to biodegrade bisphenol A was analyzed. Non-toxic representatives of the genus *Nostoc* (*Nostoc commune* and *Nostoc linkia*) were incubated with bisphenol A for 45 days, changes in the growth activity of the cultures and their productive indicators were analyzed. The ability of test cultures of cyanobacteria to use bisphenol A as a food source was established, which will serve as the basis for developing a strategy for biodegradation of bisphenol A pollution of freshwater bodies.

Бісфенол-А [2,2-біс(4-гідроксифеніл) пропан (БФА)] - синтетична органічна сполука, яка використовується як проміжний продукт виробництва полікарбонатів та епоксидних смол і присутня у великій кількості у пластикових виробках, які широко використовуються в побуті та промисловості. У водному середовищі він виявляється повсюдно в концентраціях від декількох нг/л до декількох мг/л. БФА виявився токсичним для ряду водних організмів з різних таксонів на всіх трофічних рівнях. Між БФА та водоростями і ціанобактеріями прослідковується складна взаємодія. БФА може пригнічувати фізіологічні і біохімічні процеси, в той же час фотосинтезуючі мікроорганізми потенційно здатні біологічно розкласти або відновлювати БФА в навколишньому середовищі. В основі такого припущення лежить ряд природних механізмів взаємодії мікроорганізмів та токсичних речовин. По-перше, бісфенол може адсорбуватися на позаклітинних слизових утвореннях, які притаманні ціанобактеріям, по-друге, як ароматична сполука бісфенол може піддаватися окисненню та розриву ароматичних кілець ферментами метаболізму фенольних сполук, а також внаслідок невеликих розмірів молекули бісфенол легко може транспортуватися через клітинну мембрану та піддаватися у клітині різним модифікаціям.

Ціанобактерії, які є ключовою ланкою в харчових ланцюгах водних екосистем і сприяють їх біорізноманіттю та стійкості, швидко реагують на різні хімічні забруднювачі. Вони адаптуються до змінених умов через низку фізіологічних та метаболічних реакцій. Як синтетична органічна речовина, бісфенол А може слугувати джерелом живлення для ціанобактерій та, ймовірно, стимулювати процеси цвітіння у водоймах.

Матеріалом для дослідження слугували культури ціанобактерій *Nostoc commune* та *Nostoc linkia*, з колекції кафедри біохімії та біотехнології ЧНУ імені Ю. Федьковича. До культур у експоненційну фазу росту додавали бісфенол А у концентраціях: 1 мг/л, 2 мг/л, 5 мг/л, 10 мг/л, 20 мг/л, 50 мг/л та 100 мг/л. Експозиція становила 45 діб, кожної 3-ої доби визначали температуру культивуального середовища, рН, щільність культури, кількість білків, ліпідів, хлорофілу а та каротиноїдів. Достовірність отриманих результатів підтверджена статистично.

При впливі бісфенолу А на ціанобактерії, першою помітною реакцією є зміна їхньої ростової активності. Ця зміна може проявлятися як у збільшенні, так і у зменшенні росту, в залежності від виду тест-культури та концентрації ВРА у середовищі. Було встановлено короточасний негативний вплив бісфенолу А на ростову активність тест-культур вже на 3-тій добі з початку інкубації. Спостерігається пряма залежність між концентрацією бісфенолу А і його ефектом: чим вища концентрація бісфенолу А в культурі, тим гірше ростуть ціанобактерії. Однак, з часом (після 21 доби) культури ціанобактерій починають адаптуватися. За дії високих концентрацій бісфенолу А (20 мг/л – 100 мг/л) ростова активність *N. commune* та *N. linkia* на термінальних етапах інкубації підвищувалася до рівня контрольних значень. Також на цьому етапі у клітинах тест-культур ціанобактерій встановлено збільшення кількості ліпідів та каротиноїдів. Низькі ж концентрації бісфенолу А призводили до незначного підвищення білків та хлорофілу А у обох досліджуваних видів *Nostoc*.

Встановлені факти є опосередкованим підтвердженням здатності ціанобактерій роду *Nostoc* до біодеградації забруднення бісфенолом А, шляхом використання останнього як джерела живлення.

МОСКАЛЮК Н.В., КРАВЕЦЬ М.Я. (УКРАЇНА, ТЕРНОПІЛЬ)

**ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ**

*Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
46027, вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, Україна; [moskalyuk@chem-bio.com.ua](mailto:moskalyuk@chem-bio.com.ua)*

**Abstract.** The publication examines the impact of war on the ecological state of water resources in Ukraine. The consequences of military conflicts on the quality of water in rivers, lakes and underground sources, as well as their consequences for human health and ecosystems, are analyzed. Possible ways to solve the problem of water pollution and restore the ecological state of water resources in conditions of military operations are described.

З початком повномасштабного вторгнення екологічна ситуація в Україні різко погіршилася, досягнувши критичного рівня. В умовах російсько-української війни дослідження впливу бойових дій на водні ресурси набуває надзвичайної актуальності. Війна спричиняє комплексний руйнівний вплив на водні екосистеми, призводячи до їх деградації та порушення природного балансу. Інтенсивне використання військової техніки, зброї, обстріли АЕС, мінування територій, пожежі, руйнування промислових об'єктів та інші воєнні злочини призвели до масштабного забруднення довкілля, загрожуючи життю та здоров'ю українців. Повномасштабна агресія росії проти України завдала нищівного удару по екології, зокрема порушивши водокористування та охорону водних ресурсів.

Російські війська з початку повномасштабного вторгнення завдали понад 8,5 тисяч ракетних та авіаційних ударів по Україні, що призвело до необхідності розмінування 180 тисяч квадратних кілометрів території. За інформацією командування повітряних сил лише за 2024 рік агресор здійснив 12 великих атак на енергетичну інфраструктуру України, випустили по Україні приблизно 12 553 різні засоби ураження – від балістичних ракет, до БПЛА та крилатих ракет [1].

Військові дії в Україні мають найбільш руйнівний вплив на водні ресурси, які займають 4% території країни. Вода, як життєво необхідний ресурс, що використовується в усіх сферах життя, є ключовим фактором для розвитку економіки та сільського господарства. Найбільша шкода йде від **затоплення шахт на Донбасі, забруднення агрохімікатами водойм, обстріли дамб, знищення військової техніки**, руйнування очисних споруд та виведення з ладу обслуговуючих організацій, які займалися водопостачанням та очищенням стічних вод. Всі вони без очищення тепер потрапляють у водойми, особливо там, де відбулись активні бойові дії. Наприклад, руйнування дамби на Київському водосховищі в Ірпені завдало значної шкоди сільськогосподарським угіддям, а уламки російської ракети, що влучили в склад мінеральних добрив на Тернопільщині, спричинили забруднення ґрунту та річки Іква.

За офіційними даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів [2] завдані збитки водним ресурсам оцінюються в 104,31 млрд грн. Маса забруднюючих речовин, які попали у водні об'єкти становить 23 445 тонн, що становить шкоду на 60,18 млрд грн. Маса сторонні предметів, матеріалів, відходів та інших речовин у водних об'єктах становить 38 487054 кг. Самовільно забрана і використана вода – 20937563991 м<sup>3</sup>, шкода – 26,77 млрд грн. Маса забруднюючих речовин, що попали у морські води – 66802 кг, шкода – 8,03 млрд грн.

Сьогодні можна сказати що гідроекологічний стан природних водойм і водотоків в умовах війни погіршується, а його дослідження є найактуальнішою проблемою сучасності. Навіть в умовах війни, коли збереження людських життів є пріоритетом, ми повинні продовжувати працювати над зменшенням негативного впливу на водні ресурси. Вода – обмежений ресурс, і її недбале використання шкодить довкіллю та здоров'ю. Наразі ситуація з водними ресурсами критична, і річки України потребують комплексного очищення та відновлення. Це важливе завдання, що вимагає спільних зусиль.

1. Бичай Р., [Колесниченко Т.](https://www.radiosvoboda.org/a/pidsumky-roku-2024/33258143.html) Підсумки 2024 року в цифрах. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/pidsumky-roku-2024/33258143.html>

2. Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/damage/water>

ВЕСЕЛОВСЬКИЙ Д.М., МАКАРОВА О.В. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## **ПЕРСПЕКТИВИ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЇХ РАДІОЄМНОСТІ**

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили  
54003, вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, Україна; kafecobezpeka@ukr.net*

**Abstract.** In the post-war period, it is important for Ukraine to assess the ecological and radioecological state of water bodies. The article presents the effectiveness of radioecological state assessment using radioactivity indicators. Based on the materials of scientists from the Petro Mohyla Black Sea National University, the article shows the need for further radioecological research aimed at determining the dose load on aquatic organisms responsible for the main processes of accumulation of radioactive substances by the biotic component of the aquatic ecosystem.

Україна є однією з найменш водозабезпечених країн Європи. Використання водних ресурсів для промислових, сільськогосподарських та комунальних потреб нашої країни, а також наслідки військової агресії – все це призводить до їх виснаження та забруднення, у тому числі – радіонуклідного. Прісноводні екосистеми відіграють ключову роль у процесах накопичення і розповсюдження радіоактивних речовин.

Скиди радіоактивних речовин в водні об'єкти при експлуатації атомних електростанцій здійснюють навантаження на відповідні водні екосистеми, спричиняючи зміни їх радіоекологічної ємності.

Радіоекологічна ємність водойм є надзвичайно чутливим фактором, й може використовуватися для діагностики стану екосистеми. Групою дослідників з кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили давно ведуться роботи щодо оцінювання параметрів стану водних екосистем через параметри радіоемності. Так, розраховані значення радіаційної ємності технологічних водойм Південноукраїнської АЕС (ПАЕС) різнилися між ставком-охолоджувачем і третім ставком біоочищення на два-три порядки значень, інтервал значень склав  $n \times 10^8 - n \times 10^{11}$  Бк. Це зумовлено різницею об'ємів водойм і різницею коефіцієнтів накопичення радіонуклідів компонентами екосистеми водойм. При цьому більш високі коефіцієнти накопичення зареєстровано для ставка біоочищення ПМК ПАЕС. Між поверхневими водосховищами (Олександрівське, Таборівське, Трикратьське) різниця у величині радіаційної ємності (інтервал значень  $n \times 10^9 - n \times 10^{16}$ ) обумовлена різницею лише об'ємів водосховищ. Обраховані значення факторів радіаційної ємності для технологічних водойм ПАЕС також різнилися між водоймами: найменші величини (0,68–0,71) характерні для ставка-охолоджувача. Для III ставка біоочищення ПМК ПАЕС фактор радіоемності був високим (0,89–0,97). Для водосховищ фактори радіоемності визначалися високими значеннями (0,89–0,98), що свідчить про гарну здатність екосистем водосховищ утримувати радіонукліди, накопичувати та концентрувати їх в біомасі без помітних наслідків для екосистеми водосховища. Низькі значення фактору радіоемності для ставка-охолоджувача ПАЕС за всіма радіонуклідами може свідчити про недостатньо благополучний стан екосистеми цієї водойми і про необхідність запровадження контрзаходів для підвищення радіоемності цієї водойми.

Наші подальші дослідження спрямовано на визначення дозового навантаження на гідробіонтів, які відповідають за основні процеси акумуляції радіоактивних речовин біотичною складовою водної екосистеми.

Важливою є оцінка дозових навантажень на гідробіонтів (у тому числі видів, які використовуються в аквакультурі) та біосистеми, що безпосередньо стосується продовольчої безпеки. Результати досліджень допоможуть уточнити часові параметри забруднення водних екосистем та спрогнозувати можливі зміни у біологічних процесах під впливом радіації.

ТИМЧУК В.С., МАЛЬОВАНІЙ М.С., СЕРЕДА А.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПОЛЬОВІ ВИПРОБУВАННЯ СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ  
 КОМПОСТІВ ІЗ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
 79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; vasyi.s.tymchuk@lpnu.ua*

**Abstract.** Field tests were conducted on compost produced by co-composting sewage sludge and food waste. The purpose of the field studies was to simulate reclamation in the field. It has been established that the conditionally safe chemical composition of composts allows their promising use as a basis for substrates for use in the process of biological reclamation.

Для досліджень використовувався субстрат, отриманий на КП «Зелене місто» шляхом сумісного компостування осадів стічних вод та харчових відходів. Польові дослідження були проведені дрібноділянковим методом неповної рендомізації у с. Ставчани Оброшинської сільської ради ОТГ Львівського району Львівської області. Метою польових досліджень, було провести імітацію рекультиваци в натурних умовах, для цього першочерговим етапом здійснювалася підготовка дослідних ділянок, а саме зняття родючого шару ґрунту на глибину 10 см (оптимально для кореневої системи обраних біоіндикаційних рослин).

Для виконання запланованих завдань розроблено схему польового досліджу, як досліджуваний об'єкт було обрано оптимальні варіанти ростових субстратів попередньо досліджені в польових умовах, які порівнювали з хімічним еталоном (звичайний компост виготовлений ЛКП «Зелене місто») та ґрунтом.

Схема досліджу включала такі варіанти:

№ 1 – етальонний компост+ґрунт (50:50);

№ 2 – біокомпост+ґрунт (50:50);

№ 3 – біокомпост+ґрунт+цеоліт (46,25:46,25:7,5);

К – контроль, ґрунт (100).

З метою забезпечення достовірності експерименту, кожен варіант розміщувався методом неповної рендомізації, мав площу 1 м<sup>2</sup>, кратність повторів дорівнювала 6 та відділявся захисною смугою

Як біоіндикатор було обрано найбільш перспективну культуру (за результатами лабораторних досліджень) - пажитницю багаторічну або англійський райграс (*Lolium perenne*). Вона може використовуватися для рекультиваци техногенно порушених земель та входить до 1 Категорії – однодольні рослини. Посів здійснювали ручною сівалкою. Норма висіву становила 2,0-2,5 тис. шт/м<sup>2</sup>.

Перші сходи культури з'явилися через 10 днів після висіву. Кількість рослин райграсу пасовищного на 1 м<sup>2</sup> становила: на контролі 390-416 (в середньому 404) штук, на варіанті з субстратом №1 – 404-433 (в середньому 418) штук, на варіанті з субстратом №2 – 426-478 (в середньому 444) штук, на варіанті з субстратом №3 – 402-431 (в середньому 421) штук.

Впродовж досліджу проводилися фенологічні спостереження за станом розвитку біоіндикаційних рослин. Періодично здійснювався відбір зразків для контролю розвитку біоіндикаційних рослин. Здійснювалися заміри основних параметрів. Висота рослин райграсу пасовищного через 40 днів після висіву на досліджуваних ділянках з субстратами залежно від варіанту була на 1,0-1,4 см вища, ніж на контролі, через 50 днів після висіву – відповідно на 1,9-2,9 см вища, ніж на контролі. Довжина коренів райграсу пасовищного на контрольному варіанті в середньому становила 3,7 см. На варіантах з субстратами № 1,2,3 довжина коренів була майже однакова і становила 4,7-4,8 см.

Отримані результати якісного хімічного складу досліджуваних компостів свідчать про наявність значної кількості в них основних біогенних елементів, макро- і мікроелементів, сприятливу реакцію, а також про достатній вміст органічної речовини, які можуть забезпечувати поживними речовинами більшість сільськогосподарських та технічних культур.

Умовно безпечний хімічний склад компостів дозволяє їхнє перспективне використання як основи субстратів для використання в процесі біологічної рекультиваци.

В результаті фізико-хімічного та агрохімічного аналізу досліджуваних субстратів перед посівом райграсу пасовищного встановлено тенденцію до підлужнення ґрунтового середовища, нагромадження обмінних катіонів кальцію і магнію, різкого зростання вмісту органічної речовини, основних елементів живлення (легкогідролізних сполук азоту, рухомого фосфору, обмінного калію) та мікроелементів порівняно із контрольним варіантом.

НАГУРСЬКИЙ О.А., БРАНОВСЬКИЙ М.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПРОБЛЕМИ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
790132, вул.С.Бандери, 12, Львів, Україна, coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** Nitrate contamination of groundwater is a serious environmental and sanitary problem that arises as a result of intensive agricultural activities, industrial emissions, and inefficient wastewater treatment systems. High concentrations of nitrates in drinking water can cause significant negative consequences for human health, including the development of methemoglobinemia (blue baby syndrome) and an increased risk of cancer. This article discusses the main sources of pollution, its consequences, monitoring methods and possible ways to reduce nitrate concentrations in groundwater.

Нітратне забруднення підземних вод є серйозною екологічною та санітарною проблемою, що виникає внаслідок інтенсивної сільськогосподарської діяльності, промислових викидів та недостатньо ефективної системи очищення стічних вод. Особливо гостро ця проблема постає у сільській місцевості, де підземні води є основним джерелом питного водопостачання, а аграрна діяльність є головним чинником забруднення.

Підземні води є одним із найважливіших джерел питного водопостачання, особливо у сільських районах, де відсутні централізовані системи водоочищення. Однак інтенсивне використання азотних добрив, скидання неочищених стоків з ферм та приватних господарств, а також недостатня ефективність очисних споруд призводять до накопичення нітратів у водоносних горизонтах. Високий вміст нітратів у питній воді є небезпечним для здоров'я людини та може спричинити серйозні екологічні наслідки.

Основним джерелом нітратного забруднення є надмірне застосування азотних добрив та органічних відходів (гній, компост), що сприяє вимиванню нітратів у підземні води. Хімічні підприємства та інші промислові об'єкти можуть спричиняти потрапляння нітратів у довкілля через неочищені скиди у водні об'єкти та ґрунт. Недостатньо очищені стоки з вигрібних ям, септиків та каналізаційних систем також сприяють потраплянню нітратів у підземні води.

Високий рівень нітратів у воді спричиняє порушення транспортування кисню в організмі, що може призводити до гіпоксії, особливо у немовлят (метгемоглобінемія). Крім того, нітрати можуть утворювати канцерогенні нітрозаміни, що збільшують ризик онкологічних захворювань. Нітрати сприяють евтрофікації водойм, що призводить до зниження біорізноманіття, погіршення якості води та зменшення розчиненого кисню у водних екосистемах.

Для ефективного контролю за рівнем нітратів у підземних водах необхідно здійснювати регулярний хімічний аналіз води, використовувати дистанційні методи моніторингу (супутникове спостереження) та розробляти математичні моделі поширення забруднення. Методи очищення підземних вод включають фізико-хімічні методи (зворотний осмос, йонний обмін, електродіаліз), біологічні методи (використання денітрифікуючих бактерій для біологічного розкладу нітратів) та агролісомеліорацію (створення буферних смуг із рослин, які ефективно поглинають надлишковий азот).

Нітратне забруднення підземних джерел питного водопостачання є гострою екологічною проблемою, що потребує комплексного підходу до її вирішення. Ефективний моніторинг, застосування сучасних методів очищення та впровадження екологічно безпечних агротехнологій можуть значно зменшити рівень забруднення. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку інноваційних методів очищення та запобігання забрудненню підземних вод.

СОВА Л. О., ХЛОБИСТОВ Є.В., КАРАМУШКА В.І. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## **ФОРМУВАННЯ ПІОНЕРНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ В КАР'ЄРАХ ПІСЛЯ ПРИПИНЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Національний університет «Києво-Могилянська академія»*

*04655, вул. Григорія Сковороди, 2, м. Київ, Україна, e-mail: [l.sova@ukr.edu.ua](mailto:l.sova@ukr.edu.ua)*

**Abstract.** As a result of the war in Ukraine, many quarry water bodies have been damaged or abandoned, creating conditions for the formation of new natural biotopes. A survey of the Ozernivskyi quarry, which has been affected by military actions, revealed that a slow but stable succession of its anthropogenic ecosystem is currently taking place due to natural processes. Vegetation on the quarry slopes is represented by pioneer species, with a phytocoenosis forming that is dominated by black locust, white poplar, black poplar and several other tree and shrub species.

Непроточні водойми, зокрема кар'єри, відіграють важливу роль у збереженні екосистем і регулюванні природних процесів. Унаслідок війни багато промислових об'єктів, у тому числі й кар'єри, були пошкоджені або покинуті, що створило умови для формування нових природних біотопів.

Добування мінеральних ресурсів відкритим (кар'єрним) способом є одним з найбільш потужних факторів трансформації природних ландшафтів і впливу на біоценози. Але відпрацьовані й рекультивовані кар'єри з часом еволюціонують до рівня сталих екологічних систем, якщо антропогенний тиск на них припиняється. У більшості випадків у таких кар'єрах формуються непроточні водойми дощового і підземного живлення. Процеси біопродуктивності і трансформації енергії приходять у рівновагу, і такі системи надають повноцінні екосистемні послуги. Найбільш корисними для людей в таких випадках є рекреаційні та соціо-культурні екосистемні послуги [1].

Але в критичних випадках при непередбачуваних обставинах експлуатація кар'єрів може стати неможливою і процеси природного відновлення набувають неконтрольованого характеру. Такими критичними непередбачуваними обставинами для багатьох регіонів України стали бойові дії та окупація територій. Хлібодарівський кар'єр (Донецька обл.), Трудівський кар'єр (Запорізька обл.) та багато інших експлуатованих до повномасштабного вторгнення РФ в Україну кар'єрів перебувають у стані невизначеності або ж використовуються з порушеннями природоохоронних норм. Під час окупації у лютому 2022 року була призупинена експлуатація Озернівського кар'єру (Київська обл.). Станом на березень 2025 р. його не вдалося повернути до економічно доцільного використання. Причини полягають у тому, що обладнання виробничого підприємства було розграбоване й понівечене окупантами, а розлив річки Ірпінь після підризу Козаровицької дамби спричинив тиск на підземні води, що затопили кар'єр. Відкачування води технологічно можливе, але економічно збиткове. Разом з тим, кар'єр на даний час представляє науковий інтерес для дослідження й моніторингу процесів формування нових біотопів, визначення наземних піонерних видів рослин, їх поширення на території кар'єру та моніторингу новосформованих фітоценозів.

Проведене нами обстеження кар'єру свідчить про повільну, але стабільну сукцесію цієї антропогенної екосистеми. Вегетація на схилах представлена піонерними видами, що є першими поселенцями на порушених територіях. У місцях, де антропогенний вплив зменшується, формується фітоценоз із деревних порід із домінуванням робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia*), тополі білої (*Populus alba*), осокорів (тополя чорна, *Populus nigra*) та деяких інших деревних і чагарникових видів [2]. Спостерігається поступове відновлення рослинного покриву та формування стабільних рослинних угруповань, серед екосистемних послуг яких регулювання ерозійних процесів є найбільш вираженим.

Література:

1. Seelen L. et al. (2021). *Inland Waters*, 12(1), 121–137.

<https://doi.org/10.1080/20442041.2021.1944765>.

2. Karamushka V., Derevska K., Sova L. (2024). Environmental consequences of the RF military actions for the Ozersky quarry. <https://science.lpnu.ua/ecocongress-2024/preliminary-abstracts-2024>

КОВАЛЬЧУК В.Р., ВРОНСЬКА Н.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**КЛАСИФІКАЦІЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ СЛУП'Ї  
ЗА ВМІСТОМ РЕФОРМОВАНИХ ТА ОКИСЛЕНИХ ФОРМ АЗОТУ:  
ПРОБЛЕМИ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

*Національний університет "Львівська політехніка"*

79000, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна; [viktoria.kovalchuk.eo.2021@lpnu.ua](mailto:viktoria.kovalchuk.eo.2021@lpnu.ua)

**Abstract.** Water quality is one of the most significant environmental concerns for rivers, particularly in urban areas where human activities have a direct impact on aquatic ecosystems. The Słupia River, flowing through the city of Słupsk, is an important water resource for both the local community and the surrounding environment. However, increasing urbanization and industrial activities have led to rising levels of nitrogen compounds in the water. This study focuses on classifying the water quality of the Słupia River based on the concentration of both reduced and oxidized nitrogen forms, which are key indicators of water pollution. The research aims to assess the environmental impact of nitrogen compounds and to propose potential solutions for improving the water quality.

Якість води є однією з головних екологічних проблем, з якими стикаються річки, особливо в урбанізованих районах, де людська діяльність безпосередньо впливає на водні екосистеми. Річка Слуп'я, що протікає через місто Слупськ, є важливим водним ресурсом як для місцевого населення, так і для навколишнього середовища. Однак зростаюча урбанізація та промислові діяльності призводять до підвищення рівня азотних сполук у воді. Дане дослідження фокусується на класифікації якості води річки Слуп'ї за концентрацією як реформованого, так і окисленого азоту, які є ключовими індикаторами забруднення води. Метою дослідження є оцінка впливу азотних сполук на навколишнє середовище та пропозиція можливих шляхів покращення якості води.

Забруднення води є серйозною екологічною проблемою, яка негативно впливає на здоров'я людей, флору і фауну водних екосистем. Азот, зокрема у формі амонієвого (реформованого) та нітратного (окисленого) азоту, є одним із основних забруднювачів води в річках. У разі надмірного накопичення цих сполук у воді, виникає таке явище, як евтрофікація, що призводить до зниження кисню в воді, масового розвитку водоростей та загибелі риб. Слуп'я не є винятком, і підвищені концентрації азоту можуть бути викликані скидами стічних вод, сільськогосподарським використанням добрив, а також атмосферними викидами. Це питання потребує термінового вирішення для забезпечення безпечної та здорової води для міського населення та екосистеми річки.

Для вирішення цієї проблеми важливо провести хімічний аналіз води річки Слуп'ї на наявність реформованого та окисленого азоту. Використання сучасних методів аналізу, таких як спектрофотометрія та йонно-селективні електроди, дозволить визначити точні концентрації азоту та класифікувати рівень забруднення води. Важливо також вжити заходів щодо зменшення скидів забруднювальних речовин у річку, таких як поліпшення очистки стічних вод, зменшення використання азотних добрив у сільському господарстві та підвищення екологічної свідомості серед громадян. Застосування таких заходів дозволить зберегти природну якість води річки Слуп'ї та покращити екологічну ситуацію в регіоні.

Шляхи вирішення:

1. Впровадження сучасних технологій очищення стічних вод для зменшення рівня азотних сполук у воді річки.
2. Контроль за використанням добрив та зменшення скидів агрохімікатів у водні ресурси.
3. Підвищення екологічної свідомості серед населення через інформаційні кампанії та освітні програми.
4. Використання результатів аналізу для розробки ефективних нормативів і стандартів щодо якості води річок.
5. Співпраця між місцевою владою, екологічними організаціями та громадськістю для поліпшення управління водними ресурсами.

Класифікація чистоти води річки Слуп'ї на основі визначення реформованого та окисленого азоту дозволяє отримати точну картину стану водних ресурсів. Визначення рівня забруднення є першим кроком до розробки ефективних заходів для поліпшення якості води. У результаті цього дослідження можна зробити важливі висновки про стан води та розробити конкретні рекомендації для покращення екологічної ситуації в регіоні. Розв'язання проблеми забруднення води потребує комплексного підходу, що включає наукові дослідження, технологічні інновації та активну участь громади.

ОСТАПЕНКО В.В. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

## ВИКОРИСТАННЯ ВОДЯНИХ РОСЛИН У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ РАДІАЦІЙНОЇ ЄМНОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили*

*54003, вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, Україна; kafecobezpeka@ukr.net*

**Abstract.** Our work is aimed at identifying plants capable of accumulating and retaining radioactive substances in water bodies. The accumulation capacity was studied for radionuclides ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{108\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) by algae (Bq/kg) from reservoir water (Bq/l). It is shown that the small values of the radioactivity factor for the SUNPP cooling pond indicate that the ecosystem of this reservoir is not characterised by high reliability, and therefore measures should be taken to increase the radioactivity of the reservoir. First of all, it is necessary to increase the productivity of aquatic biota in this pond, as well as to select aquatic plants with higher radionuclide accumulation coefficients that will act as biological decontaminators of water bodies.

При очищенні поверхневих водойм від забруднених хімічними та радіонуклідними політантами стічних вод використовують такі види вищих водних рослин (ВВР), як комиш, очерет озерний, рогоз вузьколистий і широколистий, рдест гребінчастий і курчавий, спіродела багатокорінева, елодея тощо. Для радіоекологічного оцінювання стану водних екосистем використовуються показники радіоемності та фактору радіоемності водойм.

Наша робота спрямована на виділення рослин, які здатні накопичувати та утримувати радіоактивні речовини у водоймах. Накопичувальну здатність вивчали для радіонуклідів ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{108\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) водоростями  $C_{\text{algae}}^i$  (Бк/кг) з води водосховища  $C_{\text{water}}^i$  (Бк/л). При розрахунках коефіцієнтів накопичення радіонуклідів водною

біотою користувалися формулою:  $K_{\text{algae}}^i = \frac{C_{\text{algae}}^i \left(\frac{\text{Бк}}{\text{кг}}\right)}{C_{\text{water}}^i \left(\frac{\text{Бк}}{\text{л}}\right)}$ ,

де  $K_{\text{algae}}^i$  – коефіцієнт накопичення радіонукліду  $i$  водною біотою з води водойми,  $\frac{\text{Бк}}{\text{кг}}$ ;  $C_{\text{algae}}^i$  – питома активність радіонукліду  $i$  у водною біотою водойми,  $\left(\frac{\text{Бк}}{\text{кг}}\right)$ ;  $C_{\text{water}}^i \left(\frac{\text{Бк}}{\text{л}}\right)$  – питома активність радіонукліду  $i$  у воді водойми,  $\left(\frac{\text{Бк}}{\text{л}}\right)$ .

Результати розрахунку факторів радіоемності окремих складових екосистеми водойм свідчили, що для усіх радіонуклідів величина факторів радіоемності біотичної складової  $F_{\text{algae}}^i$  водойми, вищі за відповідні значення факторів радіоемності донних відкладень  $F_{\text{bottom}}^i$ . Це підкреслює факт провідної ролі водної біоти щодо утримання радіоактивності всередині екосистеми. Особливої уваги заслуговують результати розрахунку факторів радіоемності  $F_{\text{bottom}}^i$ ,  $F_{\text{algae}}^i$  для ставка-охолоджувача ЮУ АЕС: низькими виявилися фактори радіоемності  $F_{\text{bottom}}^i$  майже для всіх радіонуклідів. Це свідчить про те, що донні відкладення цієї водойми не характеризуються високою здатністю до утримання радіонуклідів.

Фактори радіоемності різнилися за водоймами: найменші величини (0,68–0,71) визначалися для ставка-охолоджувача. Для іншої технологічної водойми – III ставка біоочищення ОС ПМК ЮУ АЕС – фактор радіоемності був достатньо високим (0,89–0,97). Для інших водойм фактори радіоемності були на достатньо високому рівні (0,89–0,98), що свідчить про добру здатність екосистеми цих водойм утримувати радіонукліди, накопичувати і концентрувати в біомасі радіонукліди, що потрапили до неї, без помітних наслідків для самої екосистеми. Невеликі значення фактора радіоемності для ставка-охолоджувача ЮУ АЕС, при чому для усіх радіонуклідів, можуть вказувати, що екосистема цієї водойми не характеризується високою надійністю, і тому потрібно проводити заходи для підвищення радіоемності водойми. Це, в першу чергу, полягає у налагодженні більшої врожайності водної біоти у цьому ставку, а також у підборі саме тих водних рослин, які характеризуються більш високими коефіцієнтами накопичення радіонуклідів, і будуть виступати біологічними дезактиваторами водойм.

МАКСИМЮК А.Б., ПОПОВИЧ О.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## РІЧКА ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИБЕРЕЖНИХ МОРСЬКИХ ВОД МІКРОПЛАСТИКОМ

*Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С.Бандери, 12, Львів, 79013 Україна, anastasiia.maksymiuk.eo.2021@lpnu.ua*

**Abstract.** Microplastic pollution of aquatic ecosystems spreads through rivers into marine ecosystems, causing harm to living organisms and the environment and is a serious global problem. In rivers, plastic breaks down into small particles under the influence of physical, chemical and biological factors, making it difficult to remove from the water. To prevent further pollution, effective waste management strategies must be implemented.

Мікропластикове забруднення є глобальною проблемою в цілому світі, яке різко зростає вже протягом 50 років та несе значний вплив на живі та неживі компоненти екосистеми. Щороку 19-23 мільйони тонн пластикових відходів потрапляють у водні об'єкти. Проблема ця не лежить на поверхні, у буквальному значенні, адже більшість пластику осідає на морському дні, утворюючи там підводні сміттєзвалища, які з часом лише збільшуються. Близько 80% пластикового забруднення надходить в морські екосистеми із наземних джерел, а саме побутових, промислових та сільськогосподарських відходів, будівельного сміття і тд... Решта 20% потрапляє безпосередньо з моря і це рибальське спорядження, пластикові відходи з судноплавства та туристичне сміття.

Основним джерелом забруднення прибережних морських вод мікропластиком є річки. Вони поглинають пластикові відходи з міста, промислових зон та сільськогосподарських територій і несуть їх у відкриті води. Саме річка виконує роль транспортного каналу, в якому пластик розпадається на дрібні частинки і вже в такому вигляді надходить у море. Процес розпаду відбувається під дією навколишнього середовища завдяки механічній фрагментації, фотодеградації, термічній деградації та біодеградації. Найпоширенішим типом полімеру, виявленого в річках, є поліетилен (PE) (42%), поліпропілен (PP) (30%) і полістирол (PS) (11%). Також часто спостерігаються такі типи полімерів, як поліетилентерефталат (ПЕТ), поліамід і поліестер.

Річка є життєво важливим джерелом води для людей і домівкою для водних організмів, але водночас значна частина мікропластикового забруднення транспортується до моря саме її потоками. Мікропластик - частинки розміром до п'яти міліметрів вилучити з води є складним завданням через їхній розмір і масове розповсюдження. А отже, й очистити забруднені річки стає великим випробуванням. Проте, якщо не вжити ефективних заходів щодо зменшення забруднення річок, кількість мікропластику в морях і океанах лише збільшуватиметься, чим загрожуватиме не лише навколишньому середовищу, а й добробуту і здоров'ю мільйонів людей.

Забруднення прибережних морських вод мікропластиком має серйозні екологічні наслідки: воно змінює природні процеси у водних екосистемах, зменшуючи здатність екосистем адаптуватися до зміни клімату, безпосередньо впливає на засоби до існування мільйонів людей, можливості виробництва їжі та соціальне благополуччя, завдає шкоди морським організмам і навіть мікроорганізмам, які є основою харчових ланцюгів.

Виробництво пластику стрімко зростає за рахунок його низької собівартості та зручності у використанні, що лише погіршує екологічну ситуацію. Щорічно мільйони тонн пластикових відходів потрапляють у водні екосистеми, ускладнюючи боротьбу із забрудненням. Оскільки водні екосистеми не мають кордонів, вирішення проблем вимагає комплексних рішень та співпраці на міжнародному рівні.

Ми повинні змінити підхід до використання пластику і в цьому процесі мають брати участь як влада, так і споживачі. Адже звичайний, шматок пластику, який хтось бездумно викидає в горах, опиняється у струмку, далі - в річці і так потрапляє в море. Отже, необхідно впроваджувати ефективні заходи із регулювання використання пластику, зменшувати його потрапляння в річки та покращувати системи управління відходами, щоб запобігти подальшому забрудненню морських екосистем.

ТРЕТЯК С. Ю., ПОПОВИЧ О. Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## МІКРОПЛАСТИК У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ БАЛТІЙСЬКОГО МОРЯ

*Національний університет "Львівська політехніка",  
вул. С.Бандери, 12, Львів, 79013 Україна, [sofiia.tretiak.eo.2021@lpnu.ua](mailto:sofiia.tretiak.eo.2021@lpnu.ua)*

**Abstract.** The Baltic Sea is heavily polluted by microplastics, which come from personal care products, the maritime industry, and the breakdown of plastic products. Due to the slow water exchange, plastic accumulates in the water, on the seabed and in marine life, posing a threat to the ecosystem and human health. Since wastewater treatment plants cannot effectively filter out microplastics, they enter the food chain, in particular through seafood consumed by humans.

Дедалі більше мікропластик забруднює Балтійське море. До 40 тонн мікропластику щорічно потрапляє у водозбір Балтійського моря через використання таких засобів, як мило для тіла, гелі для душу та скраби. Весь мікропластик який утворюється з морської промисловості, наприклад, під час стирання рибальських снастей, пірсів або корпусів човнів, також потрапляє в море. Мікропластик може завдати серйозної шкоди морському середовищу та його мешканцям. На сьогодні мікропластик присутній у всіх морях і океанах: у товщі води та придонних шарах, на пляжах та в організмах. Накопичення пластику особливо сильне в Балтійському морі. У природі пластик розкладається повільно - і через те, що водообмін у Балтійському морі надзвичайно повільний, увесь пластик, що потрапляє у морське середовище, залишатиметься там в найближчому майбутньому. Концентрація мікропластику в морі коливається від тисяч до сотень тисяч частинок/км<sup>2</sup>. Забруднення мікропластиком поширюється в океані від поверхні води до відкладень на великій глибині. Нещодавно мікропластик знайдено в арктичному морському льоді, де його кількість була на два порядки вищою, ніж у сильно забруднених поверхневих водах.

Мікропластик складається з різномірних частинок, котрі відрізняються за розміром, формою, кольором, хімічним складом, щільністю та іншими характеристиками. Мікропластик зазвичай класифікують за сферою застосування та джерелом походження на: (I) Первинний - мікрочастинки промислового виробництва. (II) Вторинний - текстильні мікрОВОлокна, образиви для фарби та фрагменти, що виникають у результаті руйнування більших пластикових виробів. Первинний мікропластик, що використовується в косметичі та засобах особистої гігієни, має невеликий розмір, зазвичай від 1 мм в діаметрі до нанометрів (1 нанометр дорівнює одній мільйонній міліметра). Ці частинки здебільшого використовуються, як образиви у різних скрабах для тіла та гелях для душу, але також зустрічаються у таких продуктах, як зубна паста, косметика та дезодорант. Більшість засобів особистої гігієни передбачають змивання в каналізацію після використання. У басейні Балтійського моря приблизно 130 тонн мікропластикових частин, які щороку потрапляють до систем очищення стічних вод. Значна частина проходить через очисні споруди й опиняється у водному середовищі. На жаль, очисні споруди не можуть відфільтрувати мікропластик, оскільки це настільки дрібні частинки, що коли вони потрапляють у водопровідну систему, їх неможливо видалити. Пластикові частинки можуть поглинатися такими видами, як планктон, черв'яки та риба. Чим дрібніші часточки, тим вищий ризик того, що вони проникнуть в клітини та тканини і потенційно спричинять негативний вплив на імунні клітини та органи організмів. Накопичення мікропластику в тканинах може призвести до підвищеного впливу на здоров'я людини. Наприклад, унаслідок поглинання мікропластику мідіями, вирощеними для споживання людиною, підраховано, що середньостатистичний європейський споживач молюсків з'їдає близько 11 000 частинок пластику на рік.

У центральній Балтиці кількість знайденого пластикового сміття коливається від 75,7 предметів/100м на сільських пляжах та 236,6 предметів/100м на міських пляжах. Через повільний водообмін Балтійського моря сміття накопичується на дні, де рівень забруднення (0,2 кг/км) удвічі перевищує показник Північного моря (0,098 кг/км).

ТЕРНОВЕЦЬКА Х. В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗА ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У БАСЕЙНІ Р. ЗУБРА**

*Львівський національний університет імені Івана Франка  
79000, вул. Університетська, 1, Львів, Україна; zag\_kan@lnu.edu.ua*

**Abstract.** The problem of monitoring the surface water quality system of the Zubra River basin is highlighted.

Моніторинг якості поверхневих вод у басейні річки Зубра провадять з 2008 року до сьогодні. Суб'єктами моніторингу Зубра є Управління екології та природних ресурсів департаменту містобудування Львівської міської ради та Дністровського басейнового управління водних ресурсів.

Метою моніторингу поверхневих вод є досягнення «доброго екологічного стану» та «доброго хімічного стану» масивів поверхневих вод, що досягається у три етапи: встановлення загальної характеристики поверхневих вод; встановлення основних антропогенних впливів на річковий басейн; розробка заходів по досягненню «доброго екологічного стану» та «доброго хімічного стану» масивів поверхневих вод [<https://vodaif.gov.ua/laboratoriya/>].

Моніторинг за якістю здійснюють у трьох точках відбору проб. Дві точки перебувають у підпорядкуванні Управління екології та природних ресурсів департаменту містобудування Львівської міської ради. Вони розташовані у межах м. Львів, у районі ТзОВ «Ринок сільськогосподарської продукції «Шувар». Третя точка відбору проб води розташована у селі Зубра, Пустомитівського р-ну (біля кільцевої дороги) і перебуває у підпорядкуванні Дністровського басейнового управління водних ресурсів. Також зазначимо, що у минулому на річці функціонували два пости гідрометеорологічних спостережень, а саме – у селі Димівка (зараз с. Демня) з 1957 по 1975 р., та пункт Верхньодорожнє (с. Дроговиж) з 1897 року по 1957 р.

Слід зазначити, що перелік параметрів спостережень Управління екології дуже обмежений і не відображає об'єктивної інформації про якість води у річці. Натомість, кількість параметрів Дністровського басейнового управління розширений і повний, але на жаль ці параметри не відображаються на офіційній сторінці управління. Оцінку якості води тут виконують шляхом порівняння показників якості води з ЕНЯ (екологічними нормативами якості) для водних об'єктів (Наказ 14.01.2019 №5 Міністерство екології та природних ресурсів України Про затвердження Методики віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод).

Кількість пунктів моніторингу і параметри, за якими ведуть спостереження, не повністю відображають якісний стан води у річці Зубра. Перелік параметрів слід розширити у тих пунктах моніторингу, які підпорядковані Управлінню екології та природних ресурсів департаменту містобудування Львівської міської ради. Важливим завданням є додаткове розміщення пунктів спостережень за гідрохімічними та гідрологічними показниками у середній ділянці русла (околиці с. Красів), а також у пригирловій ділянці. Додатковий пункт моніторингу у середній течії річки дозволить зрозуміти процес самоочисної здатності річки, а у пригирловій – порівняти якість води від витоків до гирла. Також доцільно відновити спостереження за гідрологічними параметрами, адже річка зазнає надмірних антропогенних впливів у межах міста і приймає стічні води з деяких будинків Сихівського району.

ЯНЧУК В.О., ПОПОВИЧ О.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПРОБЛЕМИ МЕЛІОРАТИВНОЇ СИСТЕМИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Національний університет „Львівська політехніка”*

*вул. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна*

*e-mail: vladyslav.yanchuk.eo.2021@lpnu.ua,*

*olena.r.popovych@lpnu.ua*

**Abstract.** In the 1970s, as part of a project to develop new fields for agriculture, wetlands were drained in the village Guta, Kovel district, Volyn region. The drainage method involved constructing reclamation canals to dry out the wetlands and provide irrigation for the fields. Now, these canals are in a state of disrepair due to constant overgrowth of shrubs and the activity of beavers. As a result, the fields are being flooded, leading to crop losses and the flooding of forests in the Shatsk National Natural Park.

Волинська область має значні проблеми з меліоративною системою, яка потребує детального моніторингу і прийняття рішень. Проведення заходів щодо реконструкції, та очищення каналів, дозволить відновити систему відведення води, забезпечувати зволоженість ґрунту та буде запобігати нових затоплень полів та лісів. Для вирішення даної ситуації пропонується провести наступні комплексні заходи.

- Очищення та відновлення каналів.

А саме провести розчищення від заростання чагарниками та мулу. Ремонт та реконструкція старих каналів для покращення водовідведення. Використання композиційних матеріалів, для зміцнення стінок каналів і запобігання їх руйнуванню.

- Контроль популяції бобрів.

Використання гуманних методів переселення бобрів, у менш проблемні райони.

- Створення системи управління водними ресурсами.

Впровадити систему регулювання водного режиму за допомогою шлюзів, та інших гідротехнічних споруд. Розроблення систему моніторингу і контролю над рівня води та стану каналів

- Залучення інвестицій.

Залучення державного, або приватних, міжнародних фондів, для фінансування реконструкції каналів.

- Співпраця з природоохоронними організаціями

Впровадження співпраць та ініціативи, дозволять проводити моніторити стан меліоративних систем, за станом води, зберігати баланс між меліорацією та природних територій.

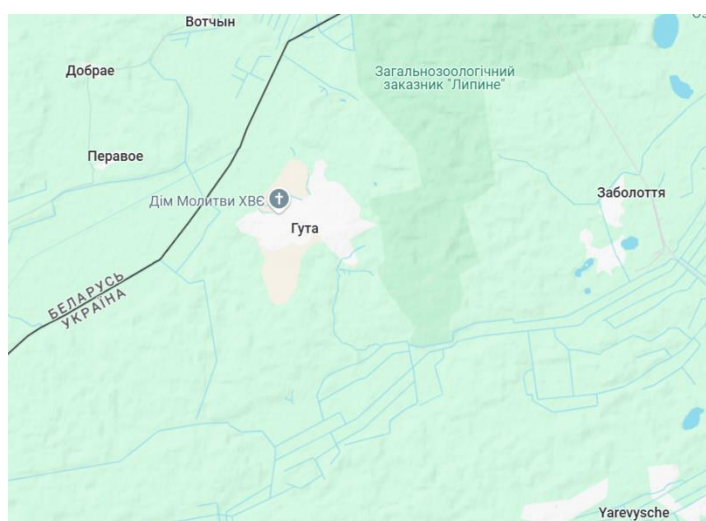


Рис. 1. Ланшафтна карта з розміщенням систем меліоративних каналів.

КОБРИН П.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛЬВОВА

*Національний університет «Львівська політехніка»**79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; [pavlo.kobryn.eo.2021@lpnu.ua](mailto:pavlo.kobryn.eo.2021@lpnu.ua)*

**Abstract.** This article examines the significant hydrological challenges facing the city of Lviv, such as water resource pollution, the state of wastewater treatment facilities, and the impact of landfills. We will analyze the environmental and economic dimensions of these issues, emphasizing their crucial importance for the city's sustainable development. Furthermore, we will outline key technological aspects to address these challenges and discuss potential applications of the findings to enhance the city's ecological condition.

Збільшення обсягу забруднюючих речовин у водних ресурсах міст України, як відомо, вимагає впровадження дієвих методів їхнього очищення. Державна служба статистики України повідомляє, що кожного року утворюється близько 10 млн тон твердих побутових відходів, з яких, безсумнівно, значна частина забруднює водні ресурси. Одним із найперспективніших методів є модернізація очисних споруд та впровадження сучасних технологій, що дозволяє запровадити необхідну якість очищення стічних вод. Львівське комунальне підприємство «Львівводоканал», безумовно, є одним із ключових гравців в Україні у сфері водопостачання та водовідведення, що забезпечує очищення стоків та постачання питної води для міста. Використовуючи сучасні технології, спеціалісти підприємства здійснюють очищення стічних вод, що, дозволяє значно скоротити кількість забруднюючих речовин, які потрапляють у водойми. Очищення води включає механічне та біологічне очищення, що сприяє уникненню екологічної небезпеки від забруднення гідросфери.

Важливою сферою діяльності комунального підприємства «Львівводоканал» є покращення стану очисних споруд, одного із найбільших комплексів очищення стічних вод в Україні, який експлуатується понад 60 років. Після аварії у 2016 році, коли стався масштабний прорив каналізаційної труби, було ухвалено рішення щодо модернізації комплексу та розроблення плану його екологічного відновлення. У межах цього проекту проводяться роботи із заміни застарілих труб, залучення до очищення фільтрату Грибовицького полігону твердих побутових відходів, який спеціально побудованим трубопроводом подається на фінальне доочищення на каналізаційні очисні споруди, а також поступового відновлення екологічної безпеки території. Модернізація очисних споруд є частиною комплексної стратегії покращення гідрологічного стану міста, оскільки використання сучасних технологій сприяє відновленню якості води та підвищенню екологічної безпеки.

Покращення гідрологічного стану, безсумнівно, має важливе значення як для збереження довкілля, так і для вирішення логістичних проблем водопостачання, забезпечення якісної питної води. Скорочення кількості забруднюючих речовин, що потрапляють у водойми, зменшує утворення шкідливих речовин, ступінь забруднення важкими металами, які є небезпечними забрудненнями води. Очищені стічні води із нормованим рівнем очищення потрапляють у поверхневі водні об'єкти. Це особливо важливо в умовах сучасного міста, де деградація водних ресурсів є однією із основних проблем. Згідно з даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), понад 30 % водних ресурсів у світі зазнають деградації через втрату якості води, що робить застосування сучасних технологій очищення води стратегічно важливим.

Львівське комунальне підприємство «Львівводоканал», використовує високотехнологічні методи очищення води, що включають аеробне розкладання органічних забруднювачів, яке забезпечує рівномірне розкладання біомаси та зменшує ризики утворення неприємних запахів. Крім того, застосування активного мулу – конгломерату спеціальних мікроорганізмів, безумовно, дозволяє скоротити час переробки забруднювачів та отримати очищені стоки високої якості. Підприємство працює за європейськими стандартами, впроваджуючи механізми попереднього очищення стічних вод, що значно покращує якість кінцевого продукту. Для прикладу, у країнах ЄС середній рівень очищення стічних вод сягає 98%, що свідчить про ефективність подібних програм. Ці показники є орієнтиром у роботі підприємства.

САВРІЙ Н.В. , ЛЮТА О. В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна;*

*dro@lpnu.ua*

**Abstract.** Wastewater treatment is the process of removing pollutants from wastewater or sewage and transforming it into wastewater that can be safely returned to the water cycle or used for various applications (water reuse). This process takes place in a waste water treatment plant, which is also known as a water resource recovery facility or a sewage treatment plant for domestic waste water.

Стичні води - це вода, яка була використана людиною в побутових або технологічних цілях. Ця вода може мати різні джерела, фізичні та хімічні властивості або консистенцію.

Залежно від того, звідки вони надходять, стічні води можна класифікувати наступним чином:

- промислові
- побутові стічні води
- атмосферні

Промислові стічні води - це стічні води та побічні продукти більшості галузей промисловості, включаючи харчову, швейну, електронну та важку промисловість, такі як гірничодобувна, нафтова, газова та хімічна. У кожній з цих галузей вода використовується у виробництві товарної продукції або в процесах очищення, які відбуваються паралельно з цим процесом. Після використання вода вважається стічними водами. Забруднювачі, характерні для промислових стічних вод, можна розділити на п'ять категорій: біологічно нестійкі органічні сполуки; малотоксичні органічні солі; нафтопродукти; біогенні сполуки; речовини зі специфічними токсичними властивостями, включаючи важкі метали; біологічно стійкі синтетичні органічні сполуки.

У промислових стічних водах часто присутні органічні речовини і токсичні домішки, які можуть перешкоджати процесу біохімічного окислення. Тому вони піддаються очищенню на місці, щоб видалити ці забруднення перед скиданням у міську каналізацію.

Стичні води багатьох галузей промисловості містять колоїдні та суспендовані тверді речовини, які можуть бути більш або менш густими, ніж вода, на додаток до розчинних неорганічних та органічних речовин.

Промислові стоки, що скидаються в міську каналізацію, можуть бути рівномірними або нерівномірними, безперервними або періодичними, цілорічними або сезонними.

Побутові стічні води - це вода, що зливається з будинків, офісів та промислових підприємств. Вони надходять з туалетів, раковин, душових кабін, пральних машин. Вони можуть містити побутові відходи, такі як мило, їжу та її залишки, пісок, папір, побутову хімію тощо, а також фізіологічні виділення. Побутові стічні води унікальні тим, що їхній склад є досить постійним.

Атмосферні стічні води - це дощові та талі води, які збираються під дією сили тяжіння у зливову каналізацію, а потім скидаються на очисні споруди. Порівняно з дощовою водою, тала вода містить удесятеро більше забруднюючих речовин, оскільки вона довше контактує з навколишнім середовищем і змішується з пилом, ґрунтом, дорожнім брудом та іншими подібними речовинами.

Атмосферні стоки в сучасних мегаполісах зазвичай містять пісок, сміття та органічні речовини. Через свій склад атмосферні стоки часто можна класифікувати як слабо забруднені побутові стічні води. Слід зазначити, що цей тип стічних вод має потенціал для шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Муніципальні стічні води - це поєднання побутових, промислових та атмосферних стічних вод, що надходять до міської каналізаційної мережі. Обов'язкове очищення цих стічних вод перед скиданням у відкриті водойми зумовлене наявністю різних забруднювачів у концентраціях, що перевищують допустимі рівні.

Ступінь забруднення стічних вод, а також пов'язані з ним джерела, зумовлюють необхідність впровадження або комбінованої, або роздільної стратегії відведення та очищення для конкретних типологічних груп стічних вод.

РЕФЦЬО М.А., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПІДПРИЄМСТВ НА ПРИКЛАДІ ТЗДВ «ГАЛ-КАТ»

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** GalKat is one of the largest industrial enterprises in Lviv, specializing in the production of catalytic materials. However, the company's activities have a significant impact on the environment due to the emission of toxic substances into the air, soil, and water resources.

Виробництво є основою економічного розвитку України, особливо в умовах сучасних викликів. Промислові підприємства не лише забезпечують робочі місця та сприяють економічній стабільності, а й стимулюють інновації та розвиток інфраструктури. Однак економічне зростання має супроводжуватися відповідальним ставленням до навколишнього середовища. Неконтрольовані викиди забруднюючих речовин, надмірне використання природних ресурсів та нагромадження відходів можуть призвести до довгострокових екологічних проблем, що впливатимуть на здоров'я населення та якість життя майбутніх поколінь. Тому важливо знаходити баланс між розвитком промисловості та збереженням екосистеми. Одним із яскравих прикладів промислових виробництв є ТЗДВ «ГАЛ-КАТ» — підприємство, яке відіграє ключову роль у металургійному секторі країни.

«ГАЛ-КАТ» спеціалізується на виробництві мідної прокатної катанки, струмопровідних жил та кабельно-провідникової продукції, дотримуючись сучасних екологічних стандартів. Водночас виробничі процеси підприємства супроводжуються викидами шкідливих речовин у повітря, накопиченням небезпечних відходів і забрудненням водних ресурсів. Основними екологічними проблемами є забруднення атмосфери оксидами азоту та вуглецю, скиди промислових стоків і накопичення токсичних відходів.

Згідно з інформацією на сайті підприємства, «для нас турбота про навколишнє середовище — це забезпечення відповідності нашим етичним принципам. Ми робимо акцент на енергозбереженні, оптимізації використання необхідних матеріалів та транспортних операцій, мінімізації відходів в процесі виробництва...» Проте, зважаючи на масштаби діяльності «ГАЛ-КАТ», доцільно запропонувати додаткові комплексні заходи, спрямовані на покращення екологічної ситуації, такі як:

*Модернізація технологічних процесів.* Впровадження каталітичних фільтрів і нових технологій дозволить значно зменшити рівень забруднення повітря та підвищити енергоефективність. Досвід провідних європейських підприємств показує, що застосування систем уловлювання оксидів азоту може знизити їх викиди на 80%.

*Утилізація відходів.* Організація ефективної системи сортування та переробки небезпечних відходів, включаючи біологічну утилізацію, сприятиме мінімізації негативного впливу. Зокрема, використання технологій плазмової газифікації дозволяє перетворювати токсичні відходи в безпечні матеріали.

*Моніторинг стану довкілля.* Регулярний контроль якості повітря, води і ґрунтів за допомогою автоматизованих систем дозволить оперативно реагувати на екологічні виклики. Запровадження онлайн-системи моніторингу із публічним доступом до даних підвищить рівень прозорості підприємства.

*Інвестиції у зелений розвиток.* Впровадження новітніх екологічних програм та технологій не лише покращить екологічні показники, а й підвищить конкурентоспроможність підприємства. Державні програми фінансової підтримки екологічної модернізації можуть сприяти залученню інвестицій.

*Співпраця з екологічними організаціями.* Обмін досвідом та консультації з фахівцями дозволять запровадити ефективні рішення для зменшення впливу на довкілля. Залучення наукових установ допоможе розробити стратегії сталого розвитку підприємства.

Таким чином, баланс між розвитком промисловості та охороною навколишнього середовища є ключовим завданням для українських підприємств. Запропоновані заходи сприятимуть зменшенню негативного впливу на екологію, забезпечуючи сталий розвиток виробництва у відповідності до сучасних стандартів екологічної відповідальності.

## **СЕМІНАР 3**

### **СТАЛИЙ РОЗВИТОК ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ГАРМАШ К. Ю.

## ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ GOOGLE COLAB ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛІСНИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНИ

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»  
61070, вул. Вадима Манька (Чкалова) 17, Харків, Україна; k.y.garmash@student.khai.edu*

**Abstract.** A GIS application has been created to assess the consequences of anthropogenic impact on forests using Google Colab. Integration of the application with Google Earth Engine allows using satellite data. The use of the NDVI index provides quantitative and qualitative results, which are presented in the form of tables and maps. This allows forming reasonable assessments of the state of forest areas in Ukraine.

Google Colab – це безкоштовне інтерактивне хмарне середовище для роботи з даними, яке використовує мову Python при отриманні та обробленні геопросторових даних, одержаних за результатами дистанційного зондування Землі. Використання Google Colab для вирішення завдань моніторингу стану лісних насаджень України суттєво прискорює процес збору даних та їх оброблення для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

У середовищі Google Colab розроблено ГІС-застосунок, призначений для моніторингу стану лісних насаджень, який протестований для оцінювання болючої проблеми – проблеми знеліснення Карпат. За допомогою ГІС-застосунку отримано дані про зміну площ класифікованих шарів – ліс, низька рослинність, інші об'єкти – згідно налаштувань нормалізованого індексу рослинності (табл.1).

*Таблиця 1*

**Динаміка змін площ лісових насаджень у 2020 - 2024 рр.**

| Клас лісних насаджень         | Площа дешифрованих класів, га (по роках) |           |           |
|-------------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|
|                               | 2020                                     | 2022      | 2024      |
| Ліс                           | 250189,08                                | 164260,51 | 154365,89 |
| Низька рослинність            | 21778,33                                 | 101959,85 | 132258,30 |
| Забудова, водні об'єкти, тощо | 8445,36                                  | 9536,49   | 10504,42  |

Отримані дані свідчать про суттєве зменшення площі лісових насаджень, при одночасному збільшенні площі класу «Низька рослинність». Основною причиною цього, на нашу думку, є перетворення лісів на луки внаслідок вирубки, пожеж і сільськогосподарського освоєння території. Також, фіксується деградація ґрунтів, що стає причиною поширення відкритих ландшафтів. Вищезазначені висновки візуалізовано в картах стану лісових масивів Карпат за період з 2020 по 2024 рр. (рис. 1).

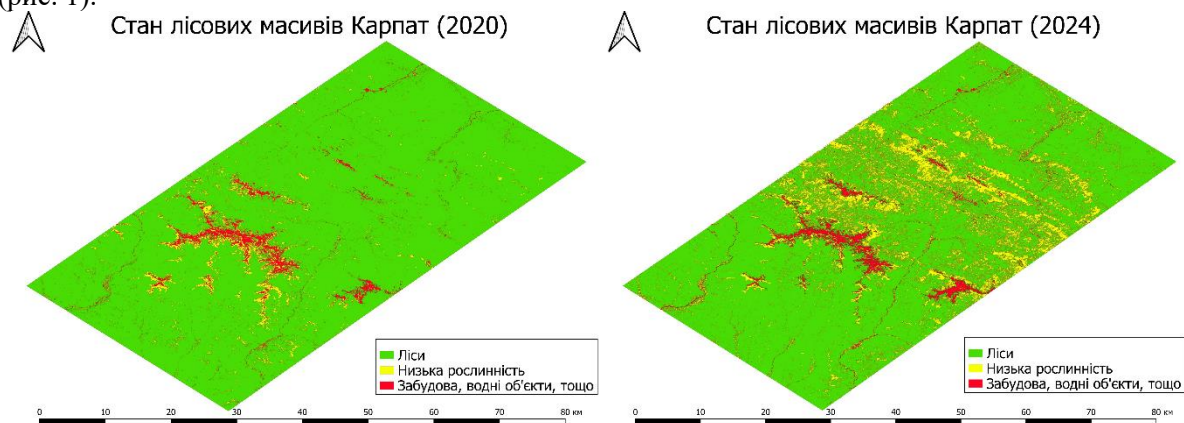


Рис. 1. Стан лісових масивів Карпат 2020-2024 р.

Таким чином, розроблений у Google Colab ГІС-застосунок є ефективним інструментом моніторингу стану лісних насаджень України. Отримані з його допомогою дані у вигляді таблиць і графіків сприятимуть ухваленню ґрунтовних екологічних рішень щодо збереження та відновлення лісових екосистем.

HOEPEL I. (SURINAME, PARAMARIBO)  
**IMPACT OF ARTISANAL SMALL-SCALE GOLD MINING ON CARBON  
 STORAGE AND FOREST RECOVERY IN SURINAME**

*Anton de Kom University of Suriname*  
*Universiteitscomplex Leysweg 86, P.O.B. 9212, Paramaribo, Republic of Suriname;*  
*ilyhoepel@gmail.com*

**Abstract.** This study evaluates the effects of Artisanal Small-Scale Gold Mining on carbon storage and forest regeneration in the Compagniekreek area, Brokopondo district, Suriname. Results show significant deforestation and soil disturbance from mining activities, with regeneration plots taking 9 to 37 years to recover carbon levels comparable to primary forests, highlighting the long-term impact on carbon sequestration potential.

Suriname's forest ecosystems are critical to global carbon dynamics, serving as both a significant carbon reservoir and a net carbon sink. According to Suriname's Forest Reference Emission Level (FREL) 2024, the average weighted carbon stock in forest land is 202.05 t C/ha, with an average annual increase in biomass carbon stock of 0.35 t C/ha/year. Artisanal Small-Scale Gold Mining (ASGM) is a major driver of deforestation and forest degradation, leading to the loss of essential ecosystem services, such as carbon storage and sequestration. This disruption primarily affects aboveground biomass and soil organic carbon pools, increasing carbon emissions and reducing the capacity for carbon sequestration. In the Brokopondo district of Suriname, particularly in the Compagniekreek area, ASGM has become a significant driver of land use change. These mining activities lead to extensive deforestation and soil disturbance, which adversely affect the area's capacity to store and sequester carbon (Fig. 1 and 2).



Fig. 1. Regeneration field site (abandoned mining area)



Fig. 2. Drone image from the village of Compagniekreek

To assess carbon stock, eight plot sites (20 m x 100 m) were established. Three plots were located in primary forest, and five in regenerating forest on parcels of land previously impacted by gold mining activities. To measure aboveground biomass (AGB), the species type and diameter of living trees, lianas, and palms were recorded. The AGB in dead wood was determined by recording the diameter of standing deadwood, excluding lying deadwood from this study. For biomass analysis, the allometric equation recommended by Wortel & Sewdien (2020) for Surinamese conditions was used. The forest plots are dominated by species such as *Pourouma* sp. and *Eschweilera congestiflora*, while regeneration plots are primarily composed of *Pourouma* sp. and *Vismia japurensis*, which thrive in disturbed areas. The average AGB and corresponding Above Ground Carbon (AGC) in living trees for forest plots is 350.96 t/ha, more than double that of regeneration plots, which have an average AGB of 151.19 t/ha. The annual biomass growth in regeneration plots was estimated, with an average growth rate of 22.16 t/ha per year for AGB, resulting in an AGC increase of 10.41 t/ha per year. Based on these initial data, the regeneration plots may take between 9 to 37 years to reach the AGB levels of the forest plots. Lianas contribute to biomass, but they are less prevalent, especially in forest plots. The average AGB for lianas in forest plots is 4.00 t/ha, while in regeneration plots, it is 2.18 t/ha. Palms also contribute significantly to biomass. In forest plots, palms have an average AGB of 4.20 t/ha and AGC of 1.98 t/ha, while in regeneration plots, palms exhibit higher biomass, with an AGB of 7.22 t/ha and AGC of 3.39 t/ha. These findings underscore the need for sustainable land management strategies that account for both carbon storage and biodiversity conservation to mitigate the long-term impacts of ASGM on Suriname's vital forest ecosystems.

ВЕНГЕР Я. А., ДЯЧОК В.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ КІБЕРАТАК НА ДОВКІЛЛЯ

Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; venher2506@gmail.com

**Abstract.** In the modern world, information technologies have become an integral part of life. At the same time, critical infrastructures such as energy, water, transportation and industry are increasingly dependent on automated control systems and network technologies. This leaves them vulnerable to cyber-attacks, the consequences of which can extend beyond the digital world and have a significant impact on the environment.

Кібератаки в екології - це вид кіберзагроз, що націлені на системи, які управляють природними ресурсами, екологічною інфраструктурою, а також на механізмах моніторингу та контролю за станом довкілля. Такі атаки можуть включати порушення або маніпулювання з даними, пов'язаними з екологічними показниками, а також знищення чи зміну екологічно важливих процесів, що може мати серйозні наслідки для довкілля та сталого розвитку.



Можливі атаки:

- Атака на систему управління водозабором

Хакери можуть отримати контроль над системами, які регулюють обсяг води, що перебувають у турбіні, змінюючи режими роботи станції.

Наслідки : зниження або перевантаження виробництва електроенергії, зношення обладнання через нерегулювання надходження води, зниження ефективності управління водними ресурсами.

- Порушення контролю за безпекою гребель

Злом системи моніторингу та управління рівнем води у водах може створити ризик аварійного прориву греблі.

Наслідки : затоплення прилеглих територій, порушення екосистеми та внутрішнього біорізноманіття.

- Спотворення даних моніторингу

Внесення фальшивих даних у систему моніторингу рівня води або стану обладнання.

Наслідки : некоректна робота гідроелектростанції через помилкові рішення.

- DDoS-атаки на системи управління

Перевантаження мережі або сервісів управління запитами, що втратило зв'язок із системами контролю.

Наслідки : зупинка роботи станції через відсутність можливості контролювати її параметри, втрата енергії для регіону, що живиться від гідроелектростанції.

Шляхи захисту:

• Забезпечення фізичної безпеки: обмеження доступу до ключових об'єктів інфраструктури, використання засобів відеоспостереження та система попередження вторгнення.

• Мережевий моніторинг та шифрування даних: виявлення та блокування аномальної активності в системах управління, використання захищених каналів передачі даних.

• Резервні системи управління: впровадження автономних локальних систем, здатних підтримувати базові функції у разі втрати зв'язку.

- Регулярний аудит систем безпеки: оновлення програмного забезпечення.

Захист гідроелектростанцій від кібератак є критичним для забезпечення стабільної роботи енергетичної системи.

БОРОВИК П.М., УДОВЕНКО І.О., ШЕМЯКІН М.В., ПРОКОПЕНКО Н.А.  
(УКРАЇНА, УМАНЬ)

### АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВІТЧИЗНЯНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

*Уманський національний університет садівництва*

*20305, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., Україна: [udau@udau.edu.ua](mailto:udau@udau.edu.ua)*

**Abstract.** Land use is one of the key areas of activity in our country, as Ukraine has vast land areas suitable for agricultural use, industrial purposes, and residential construction. At the same time, Ukraine faces numerous challenges that hinder the targeted and efficient use of land resources, as well as the preservation of land wealth for future generations.

Землекористування є однією із визначальних напрямів діяльності в нашій країні, оскільки Україна має значні за площами землі, придатні як для сільськогосподарського використання, так і для промислового використання та житлового будівництва.

В той же час, в Україні спостерігається досить багато проблем, що заважають цільовому та ефективному використовуванню земельних ресурсів, а також збереженню земельних багатств для прийдешніх поколінь.

Однією з магістральних недоречностей вітчизняного землекористування є незавершеність реформи земельних відносин.

Незважаючи на цілком позитивний ефект від легалізації в 2021 році ринкових транзакцій з агроземлями, слід зазначити, що цей сегмент ринку залишається недостатньо прозорим, недостатньо забезпеченим інфраструктурними об'єктами, що його обслуговують, недостатньо захищеним стосовно прав мілких землевласників і дрібних фермерів, недостатньо нормативно врегульованим стосовно недопущення процесів монополізації самого ринку та надмірної концентрації агроугідь зарубіжними інвесторами і крупними вітчизняними агрохолдингами.

Крім того, безконтрольне використання мінеральних добрив, непродуктивна хімічна меліорація ґрунтів та неналежне використання засобів захисту рослин, нераціональне та неефективне ведення сільськогосподарського бізнесу, недотримання сівозмін і технологій вирощування агрокультур призводять до процесів ерозії українських ґрунтів, їх засолення та втрати родючості.

Ще однією проблемою вітчизняного землекористування є незаконне захоплення земельних ресурсів, самовільне будівництво та нецільове використання земель, що зумовлює хаотичний землеустрій територій, часто знищення природних екосистем і агроугідь.

Неоправдана урбанізація територій (розширення міст) і будівництво об'єктів інфраструктури також зумовлюють скорочення площ агроземель. Крім того, зазначені процеси спричиняють нові забруднення ґрунтів, еколандшафтів і водних ресурсів.

Військові дії, забруднення агроземель, безконтрольне вирубування лісів, осушування боліт і забудова ландшафтів не сприяють покращенню екологічної ситуації в Україні, натомість, зумовлюють подальшу деградацію вітчизняних земельних ресурсів.

Крім того, ситуація погіршується внаслідок корупційних діянь, бюрократичних перепон на шляху екологізації земельних відносин, завдяки недостатньому рівню цифровізації земельнокадастрових даних та неналежному рівню контролю з боку держави і органів місцевого самоврядування за процесами землекористування.

Резюмуючи викладене, зауважимо, що з метою поліпшення сучасного вітчизняного землекористування, варто розробити і реалізувати низку ефективних комплексних заходів, реалізація яких дасть змогу завершити земельну реформу, впровадити сучасні технології контролю за станом ґрунтів, належним чином боротись із незаконним використанням земельних ресурсів та їх монополізацією, а також реалізовувати високоефективні екологічні програми. Лише такий підхід дасть змогу зберегти українські землі та сформувати надійний і дієвий інструментарій як державного, так і муніципального управління їх раціональним та продуктивним використанням.

ПАРАХНЕНКО В. Г., (УКРАЇНА, УМАНЬ)

## **НЕОЕКОЛОГІЯ ЯК НАУКА ПРО АДАПТАЦІЮ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ДО ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

*Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
20300, вул. Садова, 2, Умань, Україна; vladparachnenko@ukr.net*

**Abstract.** Neoeology explores the adaptation mechanisms of natural ecosystems to the anthropogenic pressure caused by industrial development. It analyses the impact of anthropogenic factors on biotic and abiotic components of the environment, studies the processes of ecosystem sustainability and restoration. It focuses on environmental risks, bioindication and methods of minimising the negative impact. Research in this area contributes to the development of an environmentally balanced development strategy. Neoeology combines theoretical knowledge with practical measures to preserve biodiversity and restore degraded landscapes.

Сучасне техногенне навантаження значно впливає на природні екосистеми, спричиняючи їх деградацію та втрату біорізноманіття. Виникає необхідність дослідження адаптаційних механізмів, які дозволяють екосистемам пристосовуватися до змінених умов. Неоекологія як наука спрямована на пошук ефективних способів збереження та відновлення екосистем у контексті антропогенного впливу.

Неоекологія аналізує процеси стійкості екосистем до техногенного забруднення, включаючи хімічні, фізичні та біологічні фактори впливу. Одним із важливих напрямів є дослідження механізмів саморегуляції природних систем, таких як біоіндикація та біоремедіація. Вивчаються способи мінімізації негативного впливу промислових відходів і забруднень через екологічні технології. Застосування математичних моделей дозволяє прогнозувати сценарії адаптації екосистем та їх довготривалу динаміку. Практичні результати таких досліджень сприяють розробці стратегії сталого розвитку природного середовища.

Аналіз показав, що природні екосистеми мають певний потенціал до адаптації під впливом техногенного навантаження, однак їхня стійкість є обмеженою. Основними факторами, що визначають рівень адаптації, є біорізноманіття, здатність до самовідновлення та швидкість змін у навколишньому середовищі. Дослідження підтвердили, що найбільш стійкими до техногенного впливу є екосистеми з високим рівнем біорізноманіття та наявністю природних механізмів очищення середовища. Виявлено, що техногенне забруднення спричиняє порушення кругообігу речовин, зміну трофічних ланцюгів та зниження продуктивності біоценозів. Найбільш уразливими до антропогенного навантаження виявилися водні екосистеми та ґрунтові біоценози, що швидко реагують на зміну хімічного складу середовища. Ефективними методами адаптації визнані фіторемедіація, біоіндикація та біотехнологічні підходи до відновлення екосистем. Використання математичних моделей дозволило спрогнозувати можливі сценарії змін екосистем за різних рівнів техногенного навантаження. Дослідження також показали, що екосистеми мегаполісів зазнають найбільшого стресу через комплексний вплив промислових, транспортних та побутових забруднень. Важливим напрямом є впровадження екологічно збалансованих технологій у промисловості та сільському господарстві для зниження навантаження на довкілля.

Неоекологія є важливою наукою, що вивчає адаптаційні механізми природних екосистем до зростаючого техногенного навантаження. Вона досліджує процеси самовідновлення, стійкості та трансформації екосистем під впливом антропогенних чинників. Аналіз результатів показує, що природні системи мають певний потенціал до адаптації, проте цей ресурс не є безмежним. Впровадження екологічно безпечних технологій та розробка стратегій сталого розвитку сприяють зменшенню негативного впливу людини на довкілля. Одним із ключових напрямів є застосування біоіндикаційних методів, біоремедіації та екологічного планування. Важливу роль відіграє підвищення рівня екологічної свідомості населення та впровадження природоохоронних заходів. Подальші дослідження у сфері неоекології допоможуть розробити ефективні методи збереження біорізноманіття та екосистемної рівноваги. Таким чином, неоекологія є перспективною наукою, що сприяє гармонізації відносин між природою та суспільством у контексті техногенної епохи.

ПАРАХНЕНКО В. Г., (УКРАЇНА, Умань)

## **ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЕКОСИСТЕМИ: РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ**

*Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
20300, вул. Садова, 2, Умань, Україна; vladparachnenko@ukr.net*

**Abstract.** Ionising radiation is one of the main factors affecting the state of ecosystems, especially in areas of radiation contamination. Radionuclides released into the environment can accumulate in the biota, changing its life processes. Studying the impact of radiation on living organisms is important for assessing environmental risks. Particular attention is paid to mutagenic effects, disruption of trophic chains and changes in biodiversity. The article discusses the main mechanisms of radiation impact on flora and fauna. It analyses the state of ecosystems in contaminated areas and the prospects for their restoration. The article also discusses methods of monitoring and minimising the effects of radioactive exposure. The results obtained can be used for environmental management and radiation risk reduction.

Метою дослідження є аналіз впливу іонізуючого випромінювання на природні екосистеми та оцінка можливих екологічних наслідків. Радіоекологічний моніторинг дозволяє виявити основні загрози для біологічного різноманіття та функціонування екосистем. Проблема радіаційного забруднення особливо актуальна для зон, що зазнали впливу аварій на АЕС. Недостатня кількість досліджень про довготривалі ефекти випромінювання на природні системи ускладнює розробку ефективних заходів з охорони довкілля. Вивчення механізмів впливу радіонуклідів є ключовим для прогнозування екологічних змін.

Іонізуюче випромінювання впливає на живі організми на клітинному рівні, викликаючи мутації та структурні пошкодження ДНК. Підвищена радіація може призводити до змін у популяційному складі рослин і тварин, що проявляється у зниженні їхньої чисельності та біорізноманіття. Особливу небезпеку становлять довгоживучі радіонукліди, які накопичуються в ґрунтах, водах та організмах. Радіаційне забруднення порушує екологічні ланцюги живлення, спричиняючи зміни у біоценозах. Деякі види виявляють підвищену стійкість до випромінювання, що може сприяти зміні структури екосистем. Для оцінки радіоекологічного стану використовуються методи біоіндикації, дистанційного моніторингу та лабораторного аналізу.

Аналіз екосистем у зонах радіаційного забруднення показав значне зменшення популяцій чутливих до випромінювання видів. Водночас у деяких регіонах спостерігається поява мутаційних форм організмів, що можуть мати як негативні, так і адаптивні властивості. Рослинність у таких зонах зазнає змін у фізіологічних процесах, зокрема у фотосинтезі та рості. Дослідження показали, що деякі радіонукліди здатні впливати на симбіотичні відносини між видами, змінюючи структуру біоценозів. Відзначено, що певні мікроорганізми здатні до біодеградації радіоактивних речовин, що відкриває перспективи для біоремедіації. Радіоекологічні дослідження свідчать про неоднорідність впливу радіації на різні компоненти екосистем, залежно від їхньої стійкості та часу експозиції. Виявлено, що радіаційне забруднення призводить до змін у генетичному складі популяцій, що може впливати на еволюційні процеси. Дані дослідження підкреслюють необхідність посиленого екологічного контролю в забруднених зонах. Використання комплексного підходу до моніторингу допомагає оцінити ступінь ризику та розробити ефективні заходи зменшення негативних наслідків.

Іонізуюче випромінювання має значний вплив на екосистеми, змінюючи їхню структуру та функціонування. Довготривала дія радіонуклідів може призводити до порушення біологічної рівноваги та зниження біорізноманіття. Радіоекологічні дослідження дозволяють оцінити масштаби впливу випромінювання та розробити ефективні заходи з відновлення довкілля. Подальші дослідження у цій сфері є важливими для розробки екологічної політики та мінімізації радіаційних ризиків.

ГОРДІЄНКО Д.О., ГРИГОРОВ А.Б. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА – ОСНОВА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61000, вул. Купникова, 2, Харків, Україна; omsroot@kpi.kharkov.ua*

**Abstract.** The issue of the importance of such an element of the general energy saving system that can be implemented at any industrial enterprise as heat recovery is considered. It is determined that the basic principles of heat recovery at the enterprise can be implemented through the use of: heat exchangers, cooling and air conditioning systems, waste heat boilers, steam turbines, energy management systems. It is substantiated that the implementation of heat recovery technologies is an important step towards achieving energy efficiency in the industry of Ukraine.

Рекуперація тепла на промисловому підприємстві є важливим елементом енергозбереження та зменшення енерговитрат, що виникають при реалізації технологічного процесу з виробництва товарної продукції. Вона спрямована на повторне використання теплової енергії, що утворюється в процесах виробництва, для зниження споживання палива та підвищення ефективності роботи підприємства в цілому.

Основні принципи рекуперації тепла на підприємстві можуть бути реалізовані за рахунок використання:

- *теплообмінників*, які застосовуються для передачі тепла від гарячих димових газів або рідин до більш холодних матеріальних потоків. За рахунок використання теплообмінників здійснюється попереднє нагрівання сировини (в середньому до 150-250 °C) за рахунок тепла утворених продуктів. Тобто, відбувається передача тепла, яке інакше було б втрачено, в інші частини технологічного процесу. Найбільш поширенішими типами теплообмінників, які досить ефективно використовуються у промисловості, є трубчасті та пластинчасті.

- *систем охолодження та кондиціонування*, які в промислових процесах використовуються для охолодження гарячих потоків. Наприклад, вода з системи охолодження після її підігріву (до 60-80 °C) за рахунок відбору тепла від утворених продуктів може використовуватися для підігріву сировини на вході в інші етапи процесу виробництва, зменшуючи потребу в додатковій енергії.

- *парових котлів-утилізаторів*, які використовуються для утилізації тепла, що утворюється в результаті технологічних процесів. Принцип дії цих котлів заснований на перетворенні надлишкової теплоти (вихлопних газів, гарячих рідин тощо) в водяну пару, яку можна використовувати для живлення турбін, технологічних процесів або для інших енергетичних потреб підприємства. До числа переваг парових котлів-утилізаторів можна віднести: зменшення витрат на енергоносії; екологічні аспекти (зменшення викидів парникових газів та інших забруднювачів, зменшення обсягів палива, яке спалюється для отримання теплової енергії); підвищення загальної енергоефективності виробництва. До числа основних типів парових котлів-утилізаторів відносяться: котли з вертикальним та горизонтальним розташуванням, комбіновані.

- *парових турбін*, призначених для перетворення теплової енергії в механічну енергію, широко використовуються в енергетичних і промислових установках. До числа основних типів парових турбін відносяться: прості (одноциліндрові турбіни), мультиступінчаті та регенеративні, турбіни з супернагрітою парою.

- *системи енергетичного менеджменту*, що включають автоматизовану реєстрацію температур, тиску і витрат енергоресурсів, дозволяють оптимізувати процеси рекуперації тепла. Така система дозволяє виявляти можливості для додаткового збереження енергії і коригувати налаштування обладнання для досягнення найкращих результатів.

Таким чином, рекуперація тепла дозволяє значно знизити споживання палива та електричної енергії, оскільки частина енергії, яка зазвичай йшла б на викиди, використовується повторно. Впровадження технологій рекуперації тепла є важливим кроком до досягнення енергоефективності та сталого розвитку промисловості України, сприяє підвищенню її енергетичної незалежності з одночасним поліпшенням екологічної ситуації в країні.

РИВАК П.М., КАРПА І.І., КОЛЯДА Д.Ю., ЗВАРИЧ А.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ЗАХОДИ В ТЕХНОЛОГІЇ ОФСЕТНОГО ДРУКУ ЗІ  
 ЗВОЛОЖЕННЯМ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
 79013, вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна*

**Abstract.** Based on the analysis of trends and experimental studies of the quality of prints when printing on a Heidelberg GTO 52 offset sheetfed press with different wetting solution supply systems (DDS 2, Alcolor, VARN Kompac), the main parameters affecting the wetting process were determined, a mathematical model of the resource-saving wetting process was developed and a simulation model was created.

Аналіз основних тенденцій розвитку та вимог до видавничо-поліграфічного ринку в Україні та світі визначив основні напрями удосконалення технологій друкарських процесів. Зокрема, це стосується процесу зволоження друкарської форми зволожувальним розчином, який є одним із ключових в офсетному способі друку. Особливої уваги вимагає взаємодія зволожувального розчину з папером, фарбою і друкарською формою, автоматичне регулювання подачі зволожувального розчину і автоматична корекція складу зволожувального розчину в процесі друку накладу. Також проведений аналіз попередніх досліджень літературних джерел та патентно-пошукових відомств засвідчив про актуальність та необхідність створення ресурсозберігаючих заходів у технології офсетного друку зі зволоженням.

На основі патентного пошуку проведено аналіз сучасних конструктивних рішень в технології офсетного друку: це – вдосконалення існуючих механізмів та вузлів зволожувальних апаратів, так і винайдення нових, з метою підвищення продуктивності роботи аркушевих і рулонних офсетних друкарських машин із забезпеченням якості друкованої продукції в допустимих межах. Конструкція сучасних зволожувальних апаратів офсетних друкарських машин, як і сам процес зволоження є одними з основних чинників впливу на якість друку. Тому модернізація і проектування нових зволожувальних апаратів та розробка рецептур зволожувальних розчинів, які доповнювали б ці апарати у намаганні покращити процес зволоження – є одними із провідних шляхів удосконалення друкарського процесу. Загалом, зміни у технології нанесення зволожувального розчину на друкарську форму в плоскому офсетному друці відбуваються у двох напрямках: удосконалення зволожувальних апаратів друкарських машин та зміна способу подавання зволожувального розчину.

На основі аналізу проведених експериментальних досліджень якості відбитків під час друкування на офсетній аркушевій машині Heidelberg GTO 52 з різними системами подавання зволожувального розчину (DDS 2, Alcolor, VARN Kompac), було визначено основні параметри, що впливають на процес зволоження, розроблено математичну та створено імітаційну модель ресурсоощадного процесу зволоження.

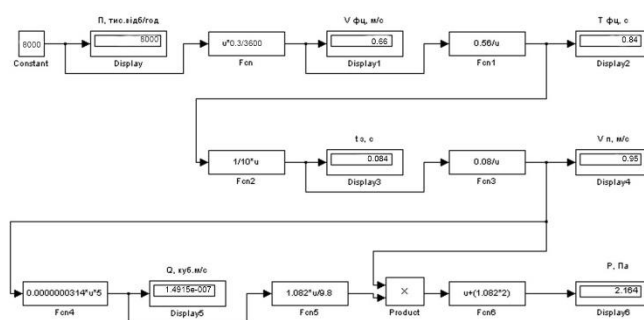


Рис. 1. Імітаційне моделювання ресурсозберігаючих заходів в технології офсетного друку зі зволоженням.

Апробована імітаційна модель технічної системи «Зволожувальний апарат пульверизаційного типу» у програмному середовищі Scilab /Xcos, дозволяє зменшити розхід зволожувального розчину майже в три рази, що свідчить про значну ресурсоощадність процесу зволоження у технології офсетного друку.

БРОВКО К.Ю., ВІНОКУРОВА Н.Д. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРИРОДОВИКОРИСТАННЯ

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
61022, майдан Свободи 4, Харків, Україна; brovkokonstantin@gmail.com*

**Abstract.** Сталий розвиток передбачає впровадження енергоощадних технологій та раціональне використання природних ресурсів. В умовах сучасних екологічних викликів електроенергетики відіграє ключову роль у зменшенні шкідливого впливу на навколишнє середовище. Від ефективності використання енергоресурсів залежить не лише економічний розвиток, а й екологічна безпека та якість життя. Сьогодні в усьому світі спостерігається стрімкий перехід до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), удосконалення електричних мереж і підвищення рівня автоматизації. Основними цілями розвитку сучасної енергетики є підвищення її ефективності, зменшення втрат електроенергії під час транспортування та зниження викидів шкідливих речовин. Сучасна електроенергетика стикається з низкою проблем, серед яких неефективне використання енергії, значний вплив на довкілля та недостатній рівень використання ВДЕ. До основних факторів, що спричиняють ці проблеми, належать високі втрати електроенергії при передачі та розподілі, значне енергоспоживання промисловості та побутових споживачів через застарілі технології, недостатнє впровадження інтелектуальних систем керування енергоспоживанням, а також великі викиди CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин при виробництві електроенергії з вичерпного палива. (табл.1).

*Таблиця 1*

**Порівняльна таблиця основних джерел електроенергії за ключовими параметрами**

| Джерело енергії     | Витрати на виробництво (грн/кВт·год) | Викиди CO <sub>2</sub> (г/кВт·год) | Надійність | Використання ресурсів |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------|-----------------------|
| Вугільні ТЕС        | 2,51–5,86                            | 800–1000                           | Висока     | Обмежені ресурси      |
| Газові ТЕС          | 1,67–3,35                            | 400–500                            | Висока     | Обмежені ресурси      |
| Гідроелектростанції | 1,25–2,93                            | 0                                  | Висока     | Залежність від річок  |
| Сонячна енергетика  | 1,25–2,51                            | 0                                  | Середня    | Необмежені ресурси    |
| Вітрова енергетика  | 0,84–2,51                            | 0                                  | Низька     | Необмежені ресурси    |
| Атомна енергетика   | 1,67–4,18                            | 0                                  | Висока     | Обмежені ресурси      |

Як видно з таблиці, традиційні вугільні та газові електростанції мають високі викиди CO<sub>2</sub> і обмежені запаси ресурсів, що робить їх екологічно та економічно не вигідними у довгостроковій перспективі. ВДЕ, такі як сонячні та вітрові станції, мають нульові викиди, проте їх надійність залежить від природних умов. ГЕС демонструють стабільну роботу, але їх будівництво пов'язане зі значним втручанням у природні екосистеми. Серед ключових підходів до вирішення цих проблем можна виділити оптимізацію енергетичних мереж, розвиток ВДЕ, цифровізацію енергетичних процесів та зменшення негативного впливу на довкілля. Перехід до інтелектуальних мереж дозволяє зменшити втрати електроенергії та підвищити ефективність розподілу. Використання розподіленої генерації дозволяє виробляти електроенергію ближче до споживачів, що зменшує навантаження на магістральні лінії електропередачі. Автоматизовані системи управління навантаженням сприяють балансуванню споживання електроенергії. Активне впровадження сонячних і вітрових електростанцій, використання гідроакumuлюючих станцій для збереження надлишкової енергії та біоенергетики як альтернативного джерела допоможуть зменшити залежність від традиційних паливних ресурсів.

Тому, збалансоване природокористування у сфері електроенергетики неможливе без активного впровадження енергоощадних технологій та переходу на ВДЕ. Використання інтелектуальних систем управління, цифрових технологій та оптимізація електромереж дозволяють значно підвищити ефективність використання ресурсів і зменшити негативний вплив на довкілля. Для реалізації цих змін необхідна тісна співпраця між державними органами, науковцями, підприємствами та суспільством. Лише комплексний підхід дозволить створити стійку енергетичну систему, яка відповідатиме сучасним екологічним стандартам та сприятиме розвитку зеленої економіки.

БРОВКО К.Ю., ВОЙТЕНКО С.М. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
61022, майдан Свободи 4, Харків, Україна; brovkokonstantin@gmail.com*

**Abstract.** Однією з актуальних проблем сучасної енергетики є необхідність підвищення енергоефективності електротехнічних систем, що безпосередньо впливає на екологічний стан навколишнього середовища. Втрати електроенергії у розподільчих мережах, низький коефіцієнт корисної дії (ККД) традиційних електростанцій та нераціональне використання енергоресурсів спричиняють підвищене навантаження на довкілля. Втрати електроенергії можна поділити на активні, реактивні та додаткові, пов'язані з нагріванням і коронним розрядом. Одним із напрямків підвищення енергоефективності є застосування технологій Smart Grid, сучасних матеріалів із високою провідністю та оптимізація роботи систем передачі та розподілу енергії. Коефіцієнт корисної дії електроенергетичних систем можна оцінити за формулою (1):

$$\eta = \frac{P_{\text{корисн}}}{P_{\text{вхід}}} \times 100\%, \quad (1)$$

де  $P_{\text{корисн}}$  – корисна потужність, а  $P_{\text{вхід}}$  – загальна потужність на вході.

Чим вищий ККД системи, тим менше втрат електроенергії, а отже, менше енергоресурсів необхідно витрачати на її генерацію. Наприклад, якщо система має низький ККД, вона потребує більшої кількості первинної енергії для отримання тієї ж кількості корисної електроенергії, що збільшує обсяг викидів парникових газів. Це особливо актуально для електростанцій, що працюють на вугіллі, оскільки їх ККД знаходиться в межах 35-45%, тоді як газові установки можуть досягати 50-60%. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі або вітрові турбіни, мають нижчий ККД порівняно з традиційними тепловими електростанціями, проте їхня перевага полягає у відсутності витрат палива та мінімальних викидах.

Таким чином, вибір джерела енергії суттєво впливає на загальний рівень енергоефективності та екологічний баланс. Традиційні джерела, такі як вугілля та газ, мають значні викиди CO<sub>2</sub>, тоді як відновлювані джерела, зокрема сонячна та вітрова енергія, практично не продукують викидів у процесі генерації (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Вплив джерел енергії на довкілля**

| Джерело енергії | Викиди CO <sub>2</sub> (г/кВт·год) | Використання ресурсів                          |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Вугілля         | 800–1000                           | Високі викиди CO <sub>2</sub> , забруднення    |
| Газ             | 400–500                            | Менше викидів, але є забруднення               |
| Сонце           | ~50                                | Мінімальні, але потрібні матеріали для батарей |
| Вітер           | ~10                                | Мінімальні, залежить від виробництва турбін    |
| Гідроенергія    | ~20                                | Може впливати на екосистеми річок              |

Оскільки ККД електросистеми визначає кількість енергії, яка виробляється та споживається, його підвищення безпосередньо зменшує обсяг використаного викопного палива і, відповідно, викиди CO<sub>2</sub>. Наприклад, якщо ККД традиційної теплової електростанції підвищити хоча б на 5-10%, це означатиме економію мільйонів тонн палива та зниження шкідливих викидів. Водночас, застосування відновлюваних джерел енергії, які мають високий ККД і мінімальний вплив на довкілля, дозволяє ще ефективніше вирішувати питання сталого розвитку.

Таким чином, підвищення енергоефективності електротехнічних систем є одним із основних інструментів сталого розвитку. Оптимізація енергетичних процесів, зменшення втрат електроенергії, використання високоефективного обладнання та перехід на відновлювані джерела енергії дозволять значно знизити негативний вплив на довкілля та забезпечити збалансоване природокористування.

БРОВКО К.Ю., ІЛЬЧУК Д.В. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
61022, майдан Свободи 4, Харків, Україна; brovkokonstantin@gmail.com

**Abstract.** Сучасні енергетичні системи стикаються з численними викликами, пов'язаними із зростаючим попитом на електроенергію, необхідністю зменшення втрат у мережах та підвищенням стійкості до зовнішніх факторів. Одним із ключових рішень для модернізації електроенергетичних мереж є впровадження технологій Smart Grid, які забезпечують гнучке управління потоками електроенергії, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та зниження експлуатаційних витрат.

Smart Grid включає в себе використання цифрових технологій, датчиків, систем прогнозування та автоматизованого управління, що дозволяє підвищити ефективність мережевої інфраструктури. Завдяки розумним лічильникам та системам автоматичного контролю, споживачі отримують змогу оптимізувати власне енергоспоживання, що зменшує навантаження на мережу та покращує стабільність енергопостачання. Порівняння традиційних електромереж та Smart Grid представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння традиційних електромереж та Smart Grid

| Параметри                 | Традиційні мережі                             | Smart Grid                              |
|---------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Керування енергією        | Централізоване                                | Децентралізоване з адаптивним контролем |
| Втрати електроенергії     | Високі (5-10%)                                | Низькі (до 3-5%)                        |
| Інтеграція ВДЕ            | Обмежена                                      | Гнучка, з можливістю балансування       |
| Надійність мережі         | Вразлива до аварій                            | Стійка завдяки автоматичному реагуванню |
| Споживання електроенергії | Фіксоване                                     | Оптимізоване через розумні лічильники   |
| Витрати на експлуатацію   | Високі через потребу в ручному обслуговуванні | Низькі завдяки автоматизації            |

В роботі розглянуто, як впровадження Smart Grid впливає на зменшення втрат електроенергії в мережі (рис. 1).

Видно, що з переходом на Smart Grid втрати поступово знижуються, що сприяє ефективнішому використанню енергоресурсів.

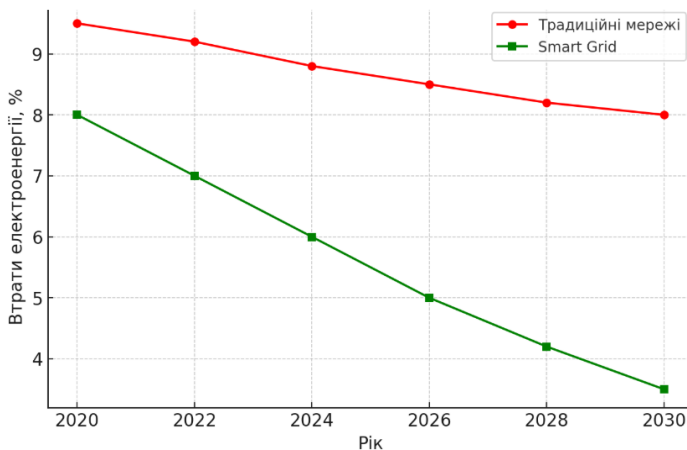


Рис. 1. Графік зниження втрат електроенергії з впровадженням технології Smart Grid

Таким чином, впровадження Smart Grid потребує значних інвестицій, але довгострокові переваги включають підвищення ефективності, зменшення викидів парникових газів та створення гнучкої енергосистеми. Це є важливим кроком до сталої енергетики та енергетичної безпеки в майбутньому.

Впровадження технологій Smart Grid є важливим етапом у розвитку сучасних енергосистем. Завдяки цифровим рішенням, автоматизованому управлінню та інтеграції відновлюваних джерел енергії можна значно підвищити ефективність використання електроенергії, зменшити втрати та покращити надійність мереж. Хоча початкові інвестиції в

ці технології є значними, їх довгострокові переваги, включаючи зниження витрат на експлуатацію та мінімізацію екологічного впливу, роблять Smart Grid ключовим елементом сталої енергетичної майбутнього. Подальший розвиток і впровадження цих систем є необхідним для створення гнучкої, стійкої та екологічно безпечної енергетичної інфраструктури.

РЕПЕТА В.Б., ДУФАНЕЦЬ М.Є., ВОЙЦІХОВСЬКИЙ О.П. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

# ВСТАНОВЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО РЕЖИМУ СУБЛІМАЦІЙНОГО ДРУКУ НА ТКАНИНАХ

Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна

**Abstract.** In the work in various variants, the value of the optical density of CMYK colours is determined. Using the Taguchi method, it is established that the temperature. In general, the use of the method makes it possible to establish the optimal parameters of the sublimation process, namely, to achieve a high value of optical density, the material moving speed is 0,18-0,24 m/h, the process temperature is 215 °C, which will be the optimal energy-efficient mode.

Принцип сублімаційного друку у поєднанні з струменевим цифровим друком зробили революцію в текстильній та швейній промисловості в усьому світі. На першому етапі струменевий друк забезпечує чітке формування кольорового зображення на тканині, на другому випадку – перенесення фарбуючої речовини на тканину за допомогою температури. Популярності сублімаційному друку завдає його універсальність, економічність, ефективність та екологічність. Якщо в 2022 році ринок сублімаційного друку оцінювався в понад 8,12 мільярда доларів США, то очікується, що він зростатиме на 7,2% у середньому за рік і досягне 11,5 мільярда доларів США до 2027 року [1].

Процес сублімаційного друку складається з двох етапів. На першому етапі, тестова шкала друкувалася на принтері Epson SC-F7100 чорнилами Epson Ultra Chrome DS на сублімаційному папері Kaspar Dye масою 65 г/м<sup>2</sup>. На другому етапі проводили операцію термоперенесення друкованого зображення на текстиль при допомозі каландрового термопреса Termon KP-1728 зі швидкістю переміщення матеріалу 18, 24 і 32 м/год і при температурах 200, 215, 240 °C. Вимірювання оптичної щільності відбитків CMYK кольорів проводили на спектроденситометрі X-Rite SpectroEye.

Кожному фактору процесу сублімації задано три рівні, згідно яких будуть проводитися експерименти. Таким чином, таблиця факторів набуде наступного вигляду (табл. 1).

Таблиця 1

| Фактори процесу сублімаційного друку та їх рівні |                                                             |        |     |     |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|
| №                                                | Фактор                                                      | Рівень |     |     |
|                                                  |                                                             | 1      | 2   | 3   |
| 1                                                | Швидкість переміщення матеріалу (S), 10 <sup>-1</sup> м/год | 1,8    | 2,4 | 3,2 |
| 2                                                | Температура (T), °C                                         | 200    | 215 | 240 |

Підбір матриці здійснювався за принципом проведення найменшої кількості експериментів, необхідних для оптимізації параметрів процесу. Залежно від кількості факторів програма Minitab пропонує стандартний набір ортогональних матриць. У нашому випадку використовується ортогональна матриця L6. Аналіз процесу здійснювали за методом Тагучі, який дозволяє зменшити кількість зразків при використанні ортогональної матриці і, відповідно, зменшити кількість експериментів, які необхідно провести [2]. Обробку даних проводили за допомогою програмного пакету Minitab 21.

Для керування відгуком під час обчислення оптичної щільності використовувалася цільова функція типу «Чим більше, тим краще». Формула для відношення "сигнал/шум" з основою 10 виглядає так:

$$S/N = -10 \times \log (\Sigma (1/Y^2)/n), \quad (1)$$

де Y – відповіді для заданої комбінації факторного рівня;

n – кількість відповідей у комбінації факторного рівня.

Оскільки цільова функція (оптична щільність) є типом керуючої функції «більше – краще», її використовували для розрахунку співвідношення S/N. Співвідношення S/N для всіх варіантів експериментів було розраховано та зведено в таблицю 2.

Таблиця 2

| Результати аналізу співвідношення S/N |     |                             |       |        |       |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------|-------|--------|-------|
| Фактори                               |     | Відношення "сигнал/шум" S/N |       |        |       |
| S                                     | T   | C                           | M     | Y      | K     |
| 0,18                                  | 200 | -0,724                      | 0,341 | -3,741 | 3,917 |

|      |     |        |        |        |       |
|------|-----|--------|--------|--------|-------|
| 0,18 | 215 | 1,727  | 2,607  | -1,412 | 5,008 |
| 0,24 | 200 | -1,411 | -0,445 | -4,731 | 3,346 |
| 0,24 | 240 | 1,289  | 2,212  | -1,514 | 5,153 |
| 0,32 | 215 | 2,278  | 2,671  | -2,270 | 5,008 |
| 0,32 | 240 | 1,583  | 2,411  | -1,514 | 5,106 |

Порівняння результатів за максимальним значенням показує, що найнижче значення відношення  $S/N$  характерне шару жовтої фарби, що свідчить про меншу керованість процесу термоперенесення. Загалом результати аналізу процесу сублімаційного перенесення зображення показують, що 200 °C і 215 °C недостатньо для повного перенесення шару фарби на тканину, тоді як зменшення швидкості переміщення і, відповідно, збільшення часу термоконтакту дещо покращує цей процес. При більш високій температурі, 240 °C і низькій швидкості руху матеріалу, шар фарби починає дифундувати в товщину матеріалу, і, як наслідок, оптична щільність починає зменшуватися.

Отже, за допомогою методу Тагучі встановлено, що для досягнення високого значення оптичної густини зображень і максимальної енергоефективності необхідно, щоб швидкість руху матеріалу становила 0,18-0,24 м/год, а температура процесу – 215 °C.

### Література

1. Musabbir Hossain Mueen (2024). The rise of sublimation printing: transforming the textile and apparel industry [Online]. Available at: <https://www.textiletoday.com.bd/the-rise-of-sublimation-printing-transforming-the-textile-and-apparel-industry>
2. Methods and formulas for Analyze Taguchi Design [Online]. Available at: <https://support.minitab.com/en-us/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/how-to/taguchi/analyze-taguchi-design/methods-and-formulas/methods-and-formulas>.

ГЕРАСИМЕНКО Д.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

**ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ДИЗАЙН***Європейський Університет**03115, бульвар академіка Вернадського, 16 В, Київ, Україна; aspirant@e-u.edu.ua*

**Abstract.** This study investigates the role of green infrastructure and eco-design in fostering sustainable urban environments. It examines how integrating green zones, parks, and environmentally friendly design practices can reduce pollution and enhance quality of life in cities. Case studies from diverse urban settings illustrate the benefits of increased greenery in mitigating the urban heat island effect and improving air quality. The research also explores economic and policy frameworks that support the development of resilient, eco-friendly urban landscapes. Findings emphasize that balanced natural resource management and innovative design are key to creating healthier, more livable cities.

Сучасні міста стоять перед викликами швидкої урбанізації, зростанням рівня забруднення та погіршенням якості життя мешканців. Одним із перспективних напрямків вирішення таких проблем є впровадження зеленої інфраструктури та екологічного дизайну. Досвід багатьох європейських та світових міст свідчить, що створення мережі зелених зон, парків і міських садів не лише покращує екологічну ситуацію, а й сприяє економічній ефективності та соціальній згуртованості.

Перш за все, зелена інфраструктура виконує функцію природного фільтра для повітря, зменшуючи концентрацію шкідливих речовин і пилу. Розміщення зелених насаджень у міських агломераціях створює ефект "зелених легень", що позитивно впливає на здоров'я мешканців. Економічна вигода цього підходу полягає у зниженні витрат на медичне обслуговування та покращенні продуктивності праці, адже здорові люди є основою стабільного економічного зростання.

По-друге, екологічний дизайн міст сприяє збереженню водних ресурсів та мінімізації ризиків повені. Використання зелених дахів, вертикальних садів та інших інноваційних рішень дозволяє ефективно регулювати стік дощової води, зменшуючи навантаження на міську інфраструктуру. Таким чином, інтеграція зелених технологій у міський простір допомагає оптимізувати використання ресурсів і підтримувати баланс між економічною діяльністю та екологічною стабільністю.

Додатковою перевагою зеленої інфраструктури є підвищення естетичного рівня міського середовища. Впровадження сучасних рішень у дизайні публічних просторів сприяє розвитку туризму, залученню інвестицій і створенню умов для проведення соціальних заходів. Міста, де надають належну увагу екологічному дизайну, стають більш привабливими для бізнесу та молодих фахівців, що у свою чергу стимулює розвиток локальної економіки.

Необхідність застосування інтегрованих підходів до зеленого планування визначається також соціальним аспектом: доступ до зелених зон сприяє покращенню психоемоційного стану мешканців, забезпечує можливості для активного відпочинку та сприяє формуванню здорового способу життя. Економічно, це означає зниження соціальних витрат, пов'язаних із лікуванням стресових розладів та інших хвороб, що виникають через недостатню взаємодію людини з природою.

Зелена інфраструктура та екологічний дизайн міст є ключовими інструментами сталого розвитку. Їх впровадження сприяє не лише зниженню екологічного навантаження, але й створює економічні та соціальні вигоди, що роблять міста більш комфортними та життєздатними. Для досягнення максимального ефекту необхідно інтегрувати ці підходи у міське планування, враховуючи специфіку кожного регіону та потреби місцевого населення.

ЧИЧЕРСЬКА А.Р., САЛАМАХА І.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СТАЛИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Львівський національний університет природокористування  
80831, вул. В. Великого, 1, Дубляни, Україна; [salamakhairyna@ukr.net](mailto:salamakhairyna@ukr.net)

**Abstract.** *The article explores the sustainable ecological approach to nature management in the context of globalization, aimed at the rational use of resources and environmental balance. It analyzes key principles, including resource optimization, environmental responsibility, innovation, and international cooperation. Special attention is given to the impact of globalization on environmental sustainability and the challenges of industrialization. The authors emphasize the importance of strengthening environmental legislation, supporting "green" businesses, promoting scientific research, and advancing environmental education to mitigate negative effects.*

Сталий екологічний підхід до природокористування – це концепція раціонального використання природних ресурсів, яка забезпечує екологічну рівновагу та сприяє довготривалому економічному розвитку без завдання шкоди навколишньому середовищу. У контексті глобалізації цей підхід набуває особливого значення, оскільки зростаюча інтеграція світових економік, технологічний прогрес та індустріалізація значно впливають на природні екосистеми.

Серед основних принципів сталого природокористування в умовах глобалізації виділяють:

1. Раціональне використання природних ресурсів: скорочення споживання невідновлюваних ресурсів; оптимізація процесів виробництва для мінімізації відходів; використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії.
2. Збереження екологічної рівноваги: відновлення деградованих природних екосистем; контроль за антропогенним впливом на навколишнє середовище; баланс між економічними потребами та екологічною стійкістю.
3. Інноваційні технології та екологізація промисловості: впровадження екологічно безпечних технологій; використання циркулярної економіки для зменшення відходів; автоматизація та цифровізація процесів для підвищення екологічної ефективності.
4. Екологічна відповідальність бізнесу та суспільства: впровадження стандартів ESG (екологічного, соціального та корпоративного управління); підтримка екологічної сертифікації та екологічного маркування продукції; освітні програми та підвищення екологічної свідомості населення.
5. Міжнародна співпраця та регулювання: виконання міжнародних екологічних угод та програм (Паризька угода, Цілі сталого розвитку ООН); спільні екологічні ініціативи між країнами; розвиток «зеленої дипломатії» та міжнародних екологічних стандартів.

Глобалізація сприяє розширенню економічних зв'язків між країнами, що може мати як позитивні, так і негативні наслідки для довкілля. З одного боку, поширення екологічних стандартів та інноваційних технологій сприяє покращенню якості природокористування. З іншого боку, інтенсивна експлуатація ресурсів та промислове зростання можуть призводити до деградації екосистем, збільшення викидів парникових газів та втрати біорізноманіття.

Основними шляхами мінімізації негативного впливу вважають посилення міжнародного екологічного законодавства, стимулювання екологічно орієнтованого бізнесу через податкові пільги та субсидії, підтримка наукових досліджень у сфері екологічних технологій, формування екологічної культури та відповідальної поведінки серед населення.

Отже, сталий екологічний підхід до природокористування в умовах глобалізації є необхідним для забезпечення гармонійного розвитку людства та збереження природного середовища. Він передбачає інтеграцію екологічних, економічних та соціальних аспектів, сприяє впровадженню екологічних інновацій та міжнародній співпраці у сфері природоохоронної діяльності.

**МАЦ А.Д., МІТРЯСОВА О.П. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)**  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЯК**  
**ПОКАЗНИКА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН**

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили,  
 м. Миколаїв, Україна  
 52003, вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, Україна; [eco-terra@ukr.net](mailto:eco-terra@ukr.net)*

**Abstract.** During the twentieth century and the first quarter of the twenty-first century, significant changes have been observed in the temperature regime. Atmospheric air temperature has been chosen as an integrated climate indicator, as it is influenced by geographical latitude, which determines the amount of solar radiation, the characteristics of the underlying surface, and the specifics of atmospheric circulation. The temperature regime of atmospheric air is shaped by climate change, including long-term temperature trends driven by both natural and anthropogenic factors, as well as human activities such as urbanization, industrial emissions, and land use changes. The aim of the study is to analyze the dynamics of atmospheric air temperature as one of the integrated indicators of climate change and to identify key factors influencing the state of water resources, using the city of Mykolaiv and Mykolaiv region as a case study<sup>1</sup>.

Упродовж XX століття та першої чверті XXI століття спостерігаються значні зміни у температурному режимі. Температура атмосферного повітря обрана як інтегрований показник клімату, оскільки вона залежить від географічної широти, яка визначає рівень сонячної радіації, особливості підстильної поверхні та специфіку атмосферної циркуляції. Температурний режим атмосферного повітря змінюється під впливом кліматичних змін, що включають довготривалі тенденції змін температури, спричинені як природними, так і антропогенними чинниками. Метою дослідження є аналіз динаміки температури атмосферного повітря як одного з інтегрованих показників зміни клімату та визначення основних чинників, що впливають на стан водних ресурсів, на прикладі міста Миколаєва та Миколаївської області.

Дослідження показало, що за період 1991–2024 рр. середньорічна температура в Миколаївській області зросла на 1,2°C, а темпи її зростання втричі перевищують загальносвітові (рис. 1). Найвища температура була зафіксована у 1998 році (+40,1°C), найнижча – у 2006 році (–25,9°C), а останні роки (2023–2024) стали найтеплішими за весь період спостережень. Результати аналізу свідчать про постійне збільшення днів з температурою вище 25°C протягом аналізованого періоду. Це може бути результатом глобального потепління та зміни клімату. Проте в окремі роки кількість спекотних днів може бути меншою або вищою за трендові значення, що свідчить про природні коливання та можливий вплив інших кліматичних факторів. Отже, чітко простежується тенденція до збільшення кількості спекотних днів, що є важливим показником зміни клімату в регіоні.

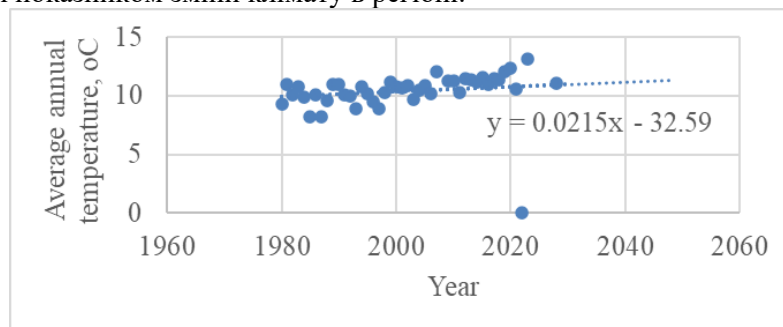


Рис. 1. Динаміка зміни середньої температури атмосферного повітря.

<sup>1</sup> We would like to thank the Erasmus+ Programme of the European Union (“Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.”) for supporting the research work in the framework of the Jean Monnet project based on Petro Mohyla Black Sea National University.

СТЕЦЯК Л.І., ХЛИБИШИН Ю.Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ВІДНОВЛЮВАНОВОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013 Львів, вул. С.Бандери, 12, liubov.stetsiak.khr.2022@lpnu.ua*

**Abstract.** In this work, the main approaches to obtaining alternative energy sources from food waste are examined. Their significant energy potential and effectiveness in biofuel production have been determined. The technologies of pyrolysis, anaerobic fermentation, and microbial fuel cells are described. Special attention is given to the bioelectrochemical processes that convert organic compounds into electricity. Finally, modern achievements in using food waste for sustainable development and the conservation of natural resources are summarized.

Викиди парникових газів значною мірою спричинені використанням викопного палива, тому зростає інтерес до альтернативних джерел енергії. Харчові відходи мають значний енергетичний потенціал і можуть використовуватися для виробництва біопалива. Ефективна їхня утилізація потребує технологічних рішень, адаптованих до хімічного складу сировини.

Методи переробки харчових відходів включають зброджування, компостування та використання як корму для тварин. Вони також можуть слугувати сировиною для біоматеріалів, біонафти та біопалива. За останні 15 років виробництво «зеленого» палива зросло в десятки разів, перевищивши 60 млн тонн на рік, і очікується його подальше зростання. Біоетанол і біодизель складають 90 % світового ринку біопалива, частка якого у глобальному енергоспоживанні може досягти 10–30 %.

Біопаливо класифікують на два покоління. Перше (1G) включає біоетанол із сільськогосподарських культур і біодизель із рослинних олій, ефективність якого сягає 50 %. Друге покоління (2G) отримують з нехарчової сировини, зокрема за технологією GTL (метод Фішера–Тропша). Дослідження показують, що використання такого палива та водню з побутових відходів може скоротити викиди парникових газів на 84 % до 2030 року.

Біоетанол ( $\approx 1,5$  млрд л/рік) переважно виробляють із зернових культур, однак перспективними є й крохмалевмісні відходи: меласа, картопля, солодке сорго, топінамбур. Наприклад, зелені частини топінамбура дають до 83,2 л спирту з тонни сировини. Виробництво біоетанолу ускладнюється тривалістю процесу та низьким виходом спирту. Кислотний гідроліз при високих температурах є неекологічним, тому розроблено каталізаторний метод, що використовує композитні каталізатори на основі силікагелю. Це дозволяє отримувати фуран-2-альдегіди, левулінову кислоту та алкілглікозиди.

Анаеробне бродіння біомаси є ефективним способом отримання біогазу, що може замінити природний газ та слугувати сировиною для добрив. В Україні його потенціал оцінюється у мільярди кубометрів біогазу та мільйони тонн добрив щорічно. Анаеробна ферментація включає гідроліз, ацидогенез, ацетогенез, дегідрогенізацію та метаногенез. Окрім біогазу, розробляються технології отримання біоводню, рідкого біопального, біогумусу та хімікатів.

Перспективною є електроферментація, яка через електрокаталіз у мікробному середовищі пришвидшує процеси, усуваючи обмеження окисно-відновного потенціалу. Технологія мікробних паливних елементів (МПЕ) дає змогу перетворювати біомасу в електроенергію за допомогою мікроорганізмів, що виступають біокаталізаторами.

Використання харчових відходів для створення продуктів із доданою вартістю сприяє стійкості продовольчих систем, збереженню ресурсів і зменшенню екологічних ризиків.

СТЕЦЯК Л.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА СТАНДАРТАМИ ЄС**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013 Львів, вул. С.Бандери, 12, liubov.stetsiak.khr.2022@lpnu.ua*

**Abstract.** Balanced natural resource management is a key factor in food safety, as it affects product quality. The EU integrates environmental policy into its food safety system by implementing sustainable technologies and ecological standards. Regulations include horizontal and vertical legislation, as well as international norms such as HACCP and ISO 22000. The integration of environmental sustainability promotes the sustainable development of the agri-food sector and environmental preservation.

Збалансоване природокористування є ключовим чинником безпеки харчових продуктів, адже воно впливає на їх якість. Сучасні виклики пов'язані з технологічними змінами, станом довкілля, забрудненням, кліматичними змінами та виснаженням ресурсів, що створюють ризики для продовольчих ланцюгів.

Європейський Союз інтегрує екологічну політику в систему забезпечення харчової безпеки, запроваджуючи сталі технології, скорочуючи викиди та зберігаючи біорізноманіття. Це сприяє охороні здоров'я, економічному розвитку та соціальній стабільності. Дотримання екологічних стандартів стає обов'язковим для держав та міжнародних організацій.

Система безпеки харчових продуктів у ЄС регулює всі етапи виробництва та збуту з урахуванням екологічних аспектів. Впровадження принципів циркулярної економіки та сталого розвитку підвищує безпечність продукції та захищає довкілля. Європейська модель безпеки харчових продуктів еволюціонувала від усунення технічних бар'єрів до інтеграції екологічних вимог, зокрема через стандарти, розроблені такими органами, як CEN.

У законодавчому регулюванні ЄС застосовує подвійний підхід до гармонізації законодавства:

- Горизонтальне законодавство охоплює загальні аспекти, включаючи гігієну, маркування, екотехнології та енергоефективність.

- Вертикальне законодавство регулює безпеку конкретних продуктів (м'ясо, риба, цукор, борошно) з урахуванням екологічних стандартів.

Регламент № 178/2002 визначає основні принципи продовольчого права ЄС: на ринок допускається лише безпечна продукція, країни-члени здійснюють аналіз ризиків, а Європейська агенція з безпеки харчових продуктів забезпечує наукове консультування.

Основним міжнародним документом є «Кодекс аліментаріус», розроблений FAO/WHO для захисту здоров'я споживачів і чесної торгівлі. ЄС також впроваджує «систему HACCP», що є обов'язковою для виробників харчових продуктів.

З 2005 року діє стандарт ISO 22000, який гармонізує міжнародні та національні вимоги до безпеки харчової продукції. Додатково застосовуються «ISO 22003» (вимоги до сертифікації), ISO 22004 (управління безпекою), ISO 22005 (простежуваність продукції).

Інтеграція екологічної стійкості в харчове законодавство сприяє сталому розвитку агропродовольчого сектору. Виробники та імпортери несуть відповідальність за відповідність продукції технічним і екологічним стандартам, а контролюючі органи забезпечують їх дотримання. Це не лише гарантує безпеку харчових продуктів, а й зберігає довкілля для майбутніх поколінь.

КРИВЕНКО О. В., ЧЕРНОВА О.Т. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)  
**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ  
СКРАПЛЕНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул.Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна. [oleksandr.kryvenko-a185-23@nunge.edu.ua](mailto:oleksandr.kryvenko-a185-23@nunge.edu.ua)*

**Abstract.** Technological operations carried out at gas filling stations are fire hazardous. A study was conducted of the influence of factors on the occurrence of emergency situations during the storage of liquefied hydrocarbon gas in above-ground tanks, which lead to a negative impact on the environment. The stages of the development of an emergency situation, the basic principles of analyzing the conditions for the occurrence of an emergency situation (accident) and its consequences, methods and means of preventing and localizing an accident during the storage of liquefied hydrocarbon gas in an above-ground tank were considered.

Газонаповнювальні пункти (ГНП) призначені для приймання, зберігання, наповнення та відпуску скрапленого вуглеводневого газу (СВГ) споживачам. Технологічні операції, що проводяться на них, є пожежонебезпечними. Витік газу у результаті аварії або несправності, запалення від зовнішніх джерел загоряння, електростатичних розрядів, іскор, горіння газу або вибух призводять до виникнення пожежі. Тому газонаповнювальні пункти віднесені до об'єктів, що становлять підвищену виробничу та екологічну небезпеку. Під час проведення ідентифікації небезпек, аналізу можливих аварій і їх наслідків потрібно урахувати такі чинники: хімічні і фізичні властивості скрапленого вуглеводневого газу; параметри процесу приймання, зберігання і видачі газоподібного вуглеводневого скрапленого палива; стану та особливостей устаткування об'єкта обстеження, умов його експлуатації; можливостей об'єкта обстеження з запобігання переходу аварійної ситуації в аварію та заходів з локалізації наслідків аварії.

З джерел, присвячених проблемам екологічної безпеки, можна зробити висновок про необхідність проведення досліджень щодо впливу чинників на виникнення аварійних ситуацій під час зберігання СВГ у наземних резервуарах, що призводять до негативного впливу на довкілля.

Блок зберігання СВГ складається з наземного резервуара об'ємом 10 м<sup>3</sup>, який з'єднаний трубопроводами з насосом, зливною і роздавальною колонками. На резервуарі встановлено по два запобіжні клапани, рівнеміри та манометри тиску. Робочий тиск у резервуарі складає 1,6 МПа. Паливо зберігається за температури навколишнього середовища.

Розглянуто стадії розвитку аварійної ситуації, основні принципи аналізу умов виникнення аварійної ситуації (аварії) та її наслідки, способи та засоби попередження і локалізації аварії при зберіганні СВГ у наземному резервуарі. Наприклад, у випадку порушення герметичності фланцевих з'єднань, сальникових ущільнень запірної арматури потрібно перевірити, чи відповідає проекту оснащеність резервуара запірною арматурою, запобіжними клапанами і засобами контролю. Для попередження, локалізації аварії потрібно: проведення оглядів і випробувань трубопроводів, з використанням необхідних методів контролю; ремонт і ревізія арматури; дотримання графіка планово-попереджувальних робіт (ППР). Якщо допущені помилки ремонтного й обслуговуючого персоналу, то перевіряється, чи достатня підготовленість обслуговуючого персоналу і забезпечення експлуатаційно-технічною документацією. До помилок персоналу слід віднести порушення під час ремонту і ревізії запірної арматури при ущільненні фланцевих з'єднань. Корозійний знос або втома матеріалу, що контролюється періодичними оглядами, може пришвидшуватися у разі несправності системи захисту від слабких струмів. Контроль справності заземлення здійснюється спеціальними службами згідно з графіком ППР. Під час викиду продукту з резервуара визначаються розміри аварії за кількістю викиду продукту. Визначаються фізико-хімічні, вибухонебезпечні та токсичні властивості продукту. Проводиться блокування аварійного резервуара, закриття запірної арматури.

Аналіз впливу чинників на виникнення вибухів та пожеж під час зберігання скраплених вуглеводневих газів показав, що потрібно, окрім якісних показників вибухонебезпеки, враховувати і кількісні, а саме: енергетичний та відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки, загальну зведену масу горючої пари та тротиловий еквівалент.

ЛОПОТИЧ Н.Я., КНІГІНЬКА Н.І., ВЕРХОЛА Г.Б. (УКРАЇНА, ДУБЛЯНИ)  
**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ПОЛІГОНУ  
 ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ М. ТЕРНОПІЛЬ**

*Львівський національний університет природокористування 80381 вул. В.Великого 1, м. Дубляни,  
 Україна,*

**Abstract.** The paper analyzes the climatic conditions of the city of Ternopil. The sources of potential impact of the waste processing complex on the environment are characterized.

Переробка й утилізація постійно поновлюваних відходів – єдине джерело потенційних ресурсів, і ці ресурси можуть стати істотним фактором економічного розвитку. Враховуючи кліматичні умови м. Тернопіль при переробці відходів доцільно використовувати когенераційні технології, це дозволить перетворити водоохоронні та сміттенаскопичувальні об'єкти в самоокупні, з подальшою перспективою свого розвитку. При аналізі проекту комплексу виробництв по сортуванню, переробці і утилізації твердих побутових відходів і мулових осадів стічних вод у м. Тернополі виявлено, що даний проект достатньо повно відповідає вимогам чинного законодавства України щодо охорони навколишнього середовища та може бути використаний, як базовий проект при утилізації ТПВ, крім того, з огляду на актуальність проблеми зайнятості населення, створення додаткових робочих місць у результаті будівництва й експлуатації запланованого СПЗ є важливим, соціально корисним кроком у справі зниження рівня безробіття.

Джерелами потенційного впливу від сміттепереробного комплексу на навколишнє середовище є: - димар від обертового бойлера, що термічно утилізує енерговмістку частину твердих побутових відходів (ТПВ) і муловий осад (МО); - каналізаційні стоки від побутових приміщень. Одним з факторів впливів на навколишнє середовище є здатність оксидів азоту утворювати з водяними краплями хмар й дощу азотну кислоту, що приводить до випадання кислотного дощу - це будь-який процес переносу речовини з атмосфери на підстилаюче поверхню, що приводить до появи вільних іонів водню. Водневий показник рН незабруднених атмосферних опадів у відсутності сторонніх домішок дорівнює 5,6. При викидах діоксину азоту в атмосферу в кількості 0,12 г/с значення водневого показника опадів 5,68. Із усього промислового устаткування підвищеним шумом при роботі володіє тільки турбогенератор. Нормальний рівень може бути забезпечений при ізоляції поста керування в окремому вбудованому приміщенні із цегельною стінкою, вікном з подвійним склом і дверима, ізольованими прокладкою з пористої гуми.

ЛОПОТИЧ Н.Я., ХЕМІЙ Д.А. (УКРАЇНА, ДУБЛЯНИ)  
**ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ НА СТАН ЕКОЛОГІЧНОЇ  
БЕЗПЕКИ МІСТА ДУБНО З РОЗРОБКОЮ ЗАХОДІВ ЩОДО ЇЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

*Львівський національний університет природокористування  
80381 вул. В.Великого 1, м. Дубляни, Україна,*

**Abstract.** The impact of the construction industry on the state of atmospheric air was studied. The work analyzed the ecological situation in the city of Dubno, as well as the state of the environment and ecological safety.

Будівельна галузь - це сукупність галузей матеріального виробництва і проектно-пошукових робіт, які забезпечують капітальне будівництво. Головною метою роботи є вивчення впливу будівельної галузі на стан атмосферного повітря міста Дубно та основні викиди забруднюючих речовин: пил цементних заводів, дим і сажа від згоряння вугілля, пило- або газоподібні речовини, які можуть вступати в хімічні реакції (радон, азбест, випари фарб та ін.). Ми визначали ступінь забруднення атмосфери, кількість викидів шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від об'єктів. Також встановлювалась оцінка будівельній промисловості міста Дубно як джерело забруднення атмосферного повітря та впливу викидів на довкілля. Вивчали планування процесів черговості природоохоронних заходів та встановлено рекомендації з організації контролю викидів

Проте будівельна галузь зумовлює значні негативні зміни. Основними джерелами забруднень при будівельних роботах є: буропідривні роботи, влаштування котлованів і траншей, вирубка лісу і чагарників, пошкодження ґрунтового шару і змив забруднень з будівельного майданчика, утворення звалищ будівельного сміття тощо. Виявлено, що будівництво створює додаткове екологічне навантаження і спричиняє погіршення здоров'я людей. Вже побудовані будівлі також здійснюють негативний вплив на навколишнє середовище: змінюється рельєф ділянки, змінюється рослинний покрив, на зміну природним насадженням приходять штучні.

Проаналізувавши стан довкілля та екологічної безпеки у м. Дубно слід зауважити, що загрози для міста та населення є мінімальними, проте потребують вирішення. Серед найважливіших шляхів вирішення екологічних проблем цієї галузі можна виділити впровадження екологічно чистих, мало- і безвідходних технологій, будівництво очисних споруд, раціональне розміщення виробництва і використання природних ресурсів.

ЯВОРСЬКИЙ В.Є., БЕРЕЗЮК О.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ГІДРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТПВ У СМІТТЄВОЗІЗ УРАХУВАННЯМ ЗНОСУ ГІДРОЦИЛІНДРА

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; berezyukoleg@i.ua*

**Abstract.** The work is devoted to the prerequisites for developing an improved nonlinear mathematical model of the operation of the hydraulic drive of the mechanism for loading municipal solid waste into a garbage truck, which takes into account the wear of the hydraulic cylinder.

Виконуючи технологічні операції, поверхні робочих органів сміттєвозів піддаються інтенсивному зношуванню, зокрема під час завантаження твердих побутових відходів (ТПВ) у сміттєвоз за допомогою гідравлічного приводу [1].

Серед основних компонентів сміттєвозів із боковим способом завантаження ТПВ [2] найменший пробіг до напрацювання на відмову згідно досліджень, опублікованих в роботі [3], має гідравлічна система. Відмови гідроциліндрів через зношування робочих поверхонь сполучень, деформації штока та циліндра в процесі експлуатації складають близько 28 % усіх відмов елементів гідроприводу. Тому врахування зносу гідроциліндра в математичній моделі роботи гідроприводу механізму завантаження ТПВ у сміттєвоз має велике значення.

В роботі [4] наведено розрахункову схему роботи гідроприводу перевертання контейнера під час завантаження ТПВ у сміттєвоз, а також математичну модель роботи цього гідроприводу без врахування зносу гідроциліндра у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь з відповідними граничними умовами.

В статті [5] проведено аналітичне дослідження лінеаризованої математичної моделі роботи гідроприводу механізму завантаження ТПВ у сміттєвоз.

В статті [6] за допомогою планування багатофакторного експерименту визначено закономірність зносу вузлів тертя (зокрема гідроциліндра) механізму завантаження сміттєвоза від властивостей антифрикційних матеріалів: коефіцієнт тертя пари сталь – антифрикційний матеріал; твердість антифрикційного матеріалу за Бринелем; швидкість ковзання; тиск в зоні тертя.

Використовуючи закономірність зносу вузлів тертя від властивостей антифрикційних матеріалів в математичній моделі роботи гідроприводу механізму завантаження ТПВ у сміттєвоз можна отримати удосконалену математичну модель роботи цього гідроприводу із врахуванням зносу гідроциліндра, що вимагає проведення подальших досліджень.

### Література

1. Березюк О.В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: дис. ... докт. техн. наук.: 05.02.02 – Машинознавство, Хмельницький. 2021. 482 с.
2. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O. Dynamics of wear and tear of garbage trucks in Khmelnytskyi region // Problems of Tribology. 2022. No. 27(3/105). P. 70-75.
3. Березюк О.В. Надійність окремих вузлів і агрегатів сміттєвозів // Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій: тези доп. II-ої міжнар. інтернет-конф., 12 листопада 2014 р. Ч. 1. Вінниця: ВНТУ, 2014. С. 16.
4. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2013. № 5. С. 60-64.
5. Berezyuk O.V., Savulyak V.I. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart // Technical Sciences. 2017. No. 20 (3). P. 259-273.
6. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Serdiuk O.V., Yavorskyi V.Ye. Dependence of wear of friction pairs of the mechanism for loading solid household waste into a garbage truck on the characteristics of antifriction materials // Problems of Tribology. 2024. No. 29(3/113). P. 24-30.

ІВАНОВА І.М., ШАБАЛІН Б.Г. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## БЕНТОНІТОВІ ГЛИНИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

ДУ «ІНГС НАН України»

02000, проспект Академіка Палладіна 34А, Київ, [ingaivanova@ukr.net](mailto:ingaivanova@ukr.net)

**Abstract.** The work is devoted to the analysis of the role of bentonite clay in the sustainable development of nuclear energy in Ukraine. The regularities of the process of destruction of organic components and sorption of radionuclides of radiation-contaminated environments of NPPs by bentonite of the Cherkasy deposit and the technical and functional indicators of bentonite clay as an additional isolation barrier when creating storage facilities for radioactive waste disposal are revealed.

Відсоток виробленої на АЕС України електроенергії від загального виробництва електроенергії у країні до повномасштабного вторгнення в середньому становив 55–56 % (13 835 МВт). Енергетична стратегія України на період до 2050 р. ( розпорядження КМУ від 21.04.2023 №373-р., поки ще не оприлюднена) передбачає будівництво нових енергоблоків атомної генерації (17 ГВт встановлених потужностей). Розвиток ядерної енергетики включає: добудову і введення до 2030 р. в експлуатацію 3 і 4 енергоблоків ХАЕС; спорудження нових енергоблоків до 2030 р. за технологією Westinghouse; розгортання ММР до 2030 р. для заміщення вуглецевої технології електричних станцій, зруйнованих рф; впровадження технології мікрореакторів до 2040 р.

Підвищити забезпечення поводження з РАВ і сталий розвиток атомної енергетики можуть бентонітова сировина, яка широко застосовуються у багатьох програмах АЕС провідних країн світу [1]. Запаси бентонітової сировини високої якості в Україні є достатньо високими. Одним з найбільш перспективних родовищ бентонітових глин, що може використовуватись як один з основних компонентів під час поводження з РАВ, може вважатися Черкаське родовище бентонітових глин (Дашуківська ділянка).

У проведених нами комплексних дослідженнях розкрито закономірності процесу деструкції органічних компонентів та сорбції імітаторів радіонуклідів радіаційно-забруднених середовищ АЕС (трапних вод) бентонітом Черкаського родовища і його содової модифікації. Отримано експериментальні/дослідні зразки та визначено ефективність їх застосування [2,3]. Проведено комплексний аналіз бентонітових глин Черкаського родовища з можливістю поліпшення її техніко-функціональних показників, дозволив рекомендувати бентонітові глини як додатковий ізоляційний бар'єр при створенні приповерхневих сховищ для захоронення РАВ. [4].

Дезактивація радіаційно-забруднених середовищ АЕС від радіоактивних компонентів, переведення їх у стабільну фазу (тверду) та захоронення у вигляді твердих РАВ з використанням вітчизняної екологічно чистої бентонітової сировини, безсумнівно, сприятиме раціональному її використанню та розв'язанню проблем, пов'язаних з охороною навколишнього природного середовища та еколого-радіаційної безпеки людини.

### Література:

1. Sellin P., Leupin O. X. The Use of Clay as an Engineered Barrier in Radioactive-Waste Management — A Review // *Clays and Clay Minerals*. 2014. V. 61 (6). P. 477—498
2. Shabalin, B.G., Yaroshenko, K.K., Lavrinenko, O.M. and Mitsiuk, N.B. (2022), Mineral composition and sorption capacity of  $^{137}\text{Cs}$ -bearing precipitated formed during ozonation of trapped water formed water from nuclear power plants, *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 44, No. 2, pp. 60-68. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.02.060>
3. B. H. Shabalin, K. K. Yaroshenko, O. M. Lavrynenko, O. V. Marinich, N. B. Mitsiuk. Sorption of the Main Dose-forming Radionuclides of Nuclear Power Plants Drain Water on Natural Bentonite in the Process of their Co-ozonation // *Ядерна енергетика та довкілля*. - 2022. - №2 (25)- С.28-37. doi.org/10.31717/2311-8253.22.2.3
4. Shabalin B., Yaroshenko K., Evolution of bentonites in the presence of  $\text{Ca}^{2+}$  ions in a contact solution and sorption capacity of bentonites for  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  *Мінералогічний журнал*. Київ : ІГМР НАН України, 2024. № 46 (3), С. 3-15 DOI: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.03.003>.

ГАРБУЗ Є.С., БЕРЕЗЮК О.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ГІДРОПРИВОДІВ НАВІСНОГО ПІДМІТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ СМІТТЕВОЗА ШЛЯХОМ УРАХУВАННЯ ЗНОСУ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; berezyukoleg@i.ua*

**Abstract.** The paper considers the prospects for improving the mathematical model of the operation of hydraulic drives of the mounted sweeping equipment of a garbage truck by taking into account the wear of the cylindrical brush.

Поверхні робочих органів сміттевозів піддаються інтенсивному зношуванню, зокрема під час виконання технологічної операції підмітання навісним підмітальним обладнанням (НПО) сміттевоза, привод якого гідравлічний [1].

У процесі роботи ворс циліндричної щітки НПО інтенсивно зношується при взаємодії із робочою поверхнею, яка містить абразивні частинки [2]. Тому врахування зносу циліндричної щітки в математичній моделі роботи гідроприводів навісного підмітального обладнання сміттевоза має велике значення.

У матеріалах роботи [3] наведено розрахункову схему роботи гідроприводів навісного підмітального обладнання сміттевоза, а також математичну модель роботи цих гідроприводів без врахування зносу циліндричної щітки у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь з відповідними граничними умовами.

В науковій статті [4] проведено аналітичне дослідження лінеаризованої математичної моделі роботи гідроприводів навісного підмітального обладнання сміттевоза.

В роботі [5] за допомогою регресійного аналізу визначено степеневу закономірність зносу циліндричної щітки навісного підмітального обладнання сміттевоза від частоти її обертання, а закономірність впливу зносу циліндричної щітки на величину її деформації для різної ширини плями контакту методом планування багатофакторного експерименту визначено в статті [6].

Застосовуючи закономірності зносу циліндричної щітки навісного підмітального обладнання сміттевоза від частоти її обертання та впливу зносу циліндричної щітки на величину її деформації для різної ширини плями контакту в математичній моделі роботи гідроприводів навісного підмітального обладнання сміттевоза можна побудувати удосконалену математичну модель роботи цих гідроприводів із врахуванням зносу циліндричної щітки, що вимагає проведення подальших досліджень.

### Література

1. Березюк О.В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів // Вісник машинобудування та транспорту. 2015. № 1. С. 3-8.
2. Гарбуз Є.С., Березюк О.В. Вплив частоти обертання циліндричної щітки на експлуатаційні характеристики навісного підмітального обладнання сміттевоза // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: Тези XVII міжнар. наук.-практ. конф., 21-23 жовтня 2024 р. Житомир: Житомирська політехніка, 2024. С. 48-50.
3. Березюк О.В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2008. № 1. С. 110-116.
4. Berezyuk O.V., Savulyak V.I. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities // TEHNOMUS Journal. New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies. 2015. No. 22. P. 345-351.
5. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Semichasnova N.S., Harbuz Ye.S. Establishing the regularity of wear of a cylindrical brush of the mounted sweeping equipment of a garbage truck depending on its rotation frequency // Problems of Tribology. 2024. No. 29(2/112). P. 31-36.
6. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Harbuz Ye.S. Determination of the dependencies of the wear influence of the cylindrical brush on the operational characteristics of the garbage truck's mounted sweeping equipment // Problems of Tribology. 2023. No. 28(4/110). P. 22-27.

ЧЕРВІНКА Х.О., РЕПЕТА В.Б., (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ТЕНДЕНЦІЇ ТА МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ ПОЛІГРАФІЧНИХ ВІДХОДІВ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна; hrystyanyasha@gmail.com*

**Abstract.** The analysis has shown that the textile waste recycling market in our country is only developing, although measures have been taken at the legislative level. The presence of NGOs that conduct waste management awareness activities allows us to predict an improvement in the situation in our country in the future. Processing and recycling of textile waste requires large investments. To date, we know about the implementation of one such project, namely the creation of Reinventex.

В 2022 році Європейським Союзом прийнята стратегія сталого розвитку і циркуляційного текстилю [1], яка є продовженням прийнятих раніше Європейського зеленого курсу, Плану дій щодо циркулярної економіки та Європейської промислової стратегії. У 2023 році Комісія запропонувала переглянути директиву про відходи, щоб запровадити обов'язкові та гармонізовані схеми розширеної відповідальності виробників, які працюють з текстилем в усіх державах-членах ЄС. Окрім цього було задіяно план оновлення та перегляду Регламенту маркування текстилю.

Незважаючи на військову агресію росії у нашій державі продовжується впровадження європейських вимог як основи інтеграції України в Європейський Союз. Так, 9 липня 2023 року набув чинності Закон України «Про управління відходами» [2]. Цей документ запускає реформу управління відходами та наближає наше законодавство до законодавства ЄС.

Джерелом сировини для переробки можуть бути виробничі відходи поліграфічної, текстильної та модної індустрії (брак, неліквідні обрізки, міжлекальні випадки, залишки ниток), так і неліквідних товарів, не проданих текстильних виробів: одяг, домашній текстиль, тканини тощо.

В Україні слабо розвинена культура здавати в переробку старий непотрібний одяг, є мало пунктів прийому одягу та інших відходів з тканини. У кращому випадку одяг, що відслужив свій термін, використовують як ганчір'я, в гіршому випадку – викидають разом зі сміттям, яке просто відвозять на полігони для зберігання побутових відходів [3].

Загалом процес поводження з текстильними відходами включає наступні етапи: збирання текстилю, накопичення, переробка з отриманням напівфабрикату, повторне використання волокна. Кожен з цих етапів може включати додаткові операції, наприклад, при накопиченні необхідно проводити й сортування текстилю.

Аналіз показав, що ринок переробки текстильних відходів в нашій державі тільки розвивається. Сьогодні відомими такою переробкою є ТОВ «УтильВторПром», ТОВ «Вторма ЮА», ТОВ «Центр управління відходами» і ТОВ «Реінвентекс». Останнє є результатом впровадження в 2025 році великого інвестиційного проєкту і пропонує саме рециклінг і повторне використання текстильних відходів на противагу їх утилізації зі спалюванням. Як було зазначено вище, низька культура поводження з текстильними відходами вимагає проведення освітньої діяльності. Серед таких осередків можна виділити ГО «Агенція сталого розвитку «АСТАР», МБО «Екологія-Право-Людина», ГО «ТЕТФІКС», ГО «Всеукраїнська екологічна ліга». ГС «Український Альянс Нуль Відходів» та багато інших.

### **Література**

1. EU strategy for sustainable and circular textiles. URL: [https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en)
2. Закон України «Про управління відходами» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
3. Робимо перші кроки у сфері переробки текстильних відходів. URL: [https://www.astar.agency/2023/08/20/robymo\\_perschi\\_kroky\\_u\\_sferi\\_pererobky\\_tekstylnyh\\_vidhodiv](https://www.astar.agency/2023/08/20/robymo_perschi_kroky_u_sferi_pererobky_tekstylnyh_vidhodiv)

НАЛИВАЙКО А.Є. (УКРАЇНА, ДЕСНЯНСЬКЕ)

## СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-ТЕРИТОРІАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕЗИНСЬКОГО НПП З РЕКРЕАЦІЙНОЮ МЕТОЮ

*Мезинський національний природний парк,  
с. Деснянське, Чернігівська обл., Україна, [mezinpark@gmail.com](mailto:mezinpark@gmail.com)*

**Abstract.** The article presents information on the current state of use of natural and territorial complexes of the Mezyn National Park for recreational purposes.

Мезинський національний природний парк (НПП) розташований в північно-східній частині Чернігівської області на площі 31035,2 га. Територія парку входить до складу Новгород-Сіверського фізико-географічного району. [1]. Відрізняється багатством водних ресурсів. Територією протікає р. Десна (53 км в межах парку), для якої характерне звивисте річище з великою кількістю озер-стариць. Вода в озерах оновлюється під час водопілля.

Важливою умовою попередження неконтрольованого антропогенного впливу є організація різних видів рекреації відповідно до функціонального зонування території. У Мезинському НПП виділено такі функціональні зони [16]: заповідну – 2450,9 га; регульованої рекреації – 8443,3 га; стаціонарної рекреації – 137 га; господарську – 20004 га.

Мезинський НПП має потенціал для розвитку туристичної індустрії: вигідне географічне положення, сприятливі природні та кліматичні умови, велику кількість і різноманітність суспільно-історичних ресурсів, збережені традиції у побуті та природокористуванні, а також наявні інфраструктурні засоби, що становлять екотуристичний потенціал цієї території.

Базовою методикою досліджень потенціалу Мезинського НПП стали положення запропоновані В.І. Мацолою [2], де кожен із показників оцінюється за трьох бальною шкалою. Користуючись даною методикою, з уточненнями автора щодо низки показників флористичної та фауністичної цінності, проведено комплексну оцінку екотуристичного потенціалу Мезинського НПП, результати якої зведені в табл. 1.

*Таблиця 1*

### Комплексна оцінка екотуристичного потенціалу Мезинського НПП

| № п/п | Показник                                    | Бал  |
|-------|---------------------------------------------|------|
| 1     | Ландшафтно-естетична цінність               | 2,7  |
| 2     | Флористично-фауністична цінність            | 3    |
| 3     | Кліматичні умови                            | 2    |
| 4     | Історико-культурний потенціал               | 2    |
| 5     | Транспортна забезпеченість                  | 1    |
| 6     | Забезпеченість установами для відпочинку    | 2    |
| 7     | Загальний показник                          | 12,7 |
| 8     | Коефіцієнт рекреаційно-туристської цінності | 2,12 |

Коефіцієнт рекреаційно-туристської цінності екотуристичного потенціалу Мезинського НПП відзначається високим показником, що становить 13 балів із 18 можливих.

Показники проведеної оцінки засвідчують потужний природно-ресурсний потенціал та недостатній рівень соціально-економічної складової території парку. Показник забезпеченості установами відпочинку не є високим та забезпеченість фаховими працівниками тут недостатній. На території, що відповідає зоні стаціонарної рекреації НПП, необхідним є будівництво нових баз відпочинку, а також під'їзних шляхів й дорожньої мережі з твердим покриттям.

#### Література:

1. Літопис природи Мезинського НПП. – Том XVII. – Деснянське, 2023. – 345 с.
2. Мацولا В.І. Рекреаційно-туристичний комплекс України. – Львів: Інститут регіональних досліджень НА НУ. 1997. – 259 с.
3. Наливайко А.Є., Яковенко О.І. Оцінка потенціалу та видів рекреаційної діяльності Мезинського НПП// Регіон – 2017: суспільно-географічні аспекти: матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців (м. Харків, 20-21 квітня 2017р./ гол. ред. колегії Н.М. Немець. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017. – С.222-224.

КУКУРА Т.Ю., ВАРХОЛЯК В.І., РЕПЕТА В.Б. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## МОДЕЛЬ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ АНІЛОКСІВ ФАБОВОГО АПАРАТУ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна; Tetiana.Y.Kukura@lpnu.ua*

**Abstract.** This paper develops a predictive model that will allow us to perform the opposite task, namely, to predict the reduction in the duration of anilox cleaning depending on the anilox range and the ability of the printing ink to structure, which in turn will allow us to establish the optimal process duration and reduce the energy consumption of flexographic production, which is part of the concept of a sustainable development strategy.

Поверхня анілоксного вала – це рівномірно розподілені комірки, однакової форми та глибини, які утворюють растрову структуру на його поверхні. Структура растру і форма растрової комірки – два взаємозв'язані параметри, що визначають фарбосмість анілоксного вала, а також його поведінку в друкарському процесі при перенесенні друкарської фарби. Важливим елементом правильного проходження процесу флексографічного друку є попередня очищення анілоксних валиків [1]. У роботі для комплексного аналізу поверхні анілоксного вала пропонується розроблена комп'ютерна програма «AniTest», яка проводить додаткову обробку цифрових зображень, отриманих на мікроскопі AniCAM. Результати обробки зображень будуть служити межами вихідного параметра якості очищення анілоксу з різною лініатурою при створенні прогностичних моделей. Ці моделі були сформовані за допомогою інструментів нечіткої логіки [2].

Ефективність процесу очищення  $Q_e$  залежить від тривалості очищення анілоксу і ступеня структурування друкарської фарби:

$$Q_{e_x} = f(T, A_v) \quad (1)$$

де  $T$  – лінгвістична змінна, яка характеризує тривалість процесу очищення анілоксу;

$A_v$  – лінгвістична змінна, яка характеризує ступінь структурування друкарської фарби (аномалія в'язкості);

$x$  – індекс, який вказує на лініатуру анілокса.

Використовуючи дані про вплив тривалості очищення і ступеня структурування фарб, сформовано базу знань з умовою «якщо-тоді», сформовано логічну схему та нечіткі логічні рівняння. Встановлення універсальних змінних, термів оцінювання дозволило сформувати кількісний показник ефективності процесу очищення. Сформовану нечітку базу знань перевірено при моделюванні за допомогою системи Fuzzy Logic Toolbox технологічного розрахункового середовища Matlab за принципом Мамдані з дефазифікацією за принципом «Центр ваги». При заданих лініатурі анілоксного валика проводиться розрахунок і визначення ступеня очищення комірок анілоксного валика з візуалізацією результату за термами «достатньо», «посередньо» і «погано».

Використання розроблених прогностичних моделей у наступному дозволяє виконувати зворотну задачу, а саме прогнозувати зменшення тривалості очищення анілоксів в залежності від їх лініатури та здатності друкарської фарби до структурування, що в свою чергу дозволить встановити оптимальну тривалість процесу та знизити енергоємність флексографічного виробництва, що є концепцією стратегії сталого розвитку.

### Література

1. Кукура Т.Ю., Кукура В.В. Дослідження процесу очищення анілоксних валів у виробничих умовах / Наукові записки УАД.- 2024.-№1.(68)-С.153-160.
2. Yager R. R., Zadeh L. A. An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems, Springer Science & Business Media, 2012, 356 p.

АЛЕКСЕЄВ А.Є., БЕРЕЗЮК О.В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## НЕОБХІДНІСТЬ УРАХУВАННЯ ЗНОСУ ГІДРОЦИЛІНДРА ДЛЯ ПОБУДОВИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОБОТИ ГІДРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ УЩІЛЬНЕННЯ ТПВ У СМІТТЄВОЗІ

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; berezyukoleg@i.ua*

**Abstract.** The work justifies the need to take into account the wear of the hydraulic cylinder to build an improved mathematical model of the operation of the hydraulic drive of the municipal solid waste compaction mechanism in a garbage truck.

Виконавчі органи сміттєвозів під час виконання технологічних операцій піддаються інтенсивному зношуванню, зокрема під час ущільнення твердих побутових відходів (ТПВ) у сміттєвозі. У більшості сміттєвозів технологічні операції здійснюється за допомогою гідравлічного приводу робочих органів [1].

В статті [2] досліджено вплив матеріалу покриття на інтенсивність зносу гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза. За допомогою використання планування експерименту першого порядку з ефектами взаємодії першого порядку методом Бокса-Уілсона визначено адекватну закономірність інтенсивності зносу гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза від матеріалу покриття. Встановлено, що за критерієм Стюдента серед досліджених факторів впливу найбільше на інтенсивність зносу гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза впливає вміст заліза у покритті, найменше – вміст хрому, а вміст нікелю впливає лише опосередковано у взаємодії із вмістом заліза.

Наукова робота [3] містить розрахункову схему роботи гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів, а також математичну модель роботи цього гідроприводу без врахування зносу гідроциліндра у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь з відповідними граничними умовами.

У матеріалах статті [4] досліджена стійкість гідроприводу пресування ТПВ.

В роботі [5] досліджено вплив зусилля пресування на зносостійкість робочого гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза. Визначено експоненціальну закономірність зміни швидкості зношування робочого гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза залежно від зусилля пресування. Встановлено, що для сміттєвоза українського виробництва серійної моделі КО-436 швидкість зношування робочого гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза за отриманою закономірністю складатиме 0,257 мкм/год.

Після імплементації закономірності зміни швидкості зношування робочого гідроциліндра механізму ущільнюючої плити сміттєвоза залежно від зусилля пресування в математичну модель роботи гідроприводу механізму ущільнення ТПВ у сміттєвозі можна отримати удосконалену математичну модель роботи цього гідроприводу із врахуванням зносу гідроциліндра, що обумовлює проведення подальших досліджень.

### Література

1. Березюк О.В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза // Промислова гідравліка і пневматика. 2011. № 34(4). С. 80-83.
2. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Alekseev A.Ye. Dependence of wear intensity on the coating material of the hydraulic cylinder of the garbage truck's sealing plate // Problems of Tribology. 2024. No 29(4/114). P. 40-46.
3. Савуляк В.І., Березюк О.В. Дослідження динаміки приводу плити для пресування твердих побутових відходів // Вісник ВПІ. 2002. №4. С. 83-86.
4. Савуляк В.І., Березюк О.В. Стійкість гідроприводу пресування відходів // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. ДДМА, Краматорськ, 2004. С. 53-56.
5. Bereziuk O.V., Savulyak V.I., Kharzhevskiy V.O., Alekseev A.Ye. Determination of the regularity of the rate of wear of the working hydraulic cylinder of the mechanism of the sealing plate of the garbage truck from the pressing force // Problems of Tribology. 2024. No. 29(1/111). P. 38-44.

ШУЛИПА Р.І., САВЧУК Л.А. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ОЦІНКА СТАНУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ У ЗВІРІВСЬКОМУ ЛІСНИЦТВІ ТА НАПРЯМИ ЙОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ

Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, просп. Волі, 13, Луцьк, Україна; post@vnu.edu.ua

**Abstract.** The study is aimed at analyzing the state of Zviriv forestry, assessing the effectiveness of environmental protection measures and developing recommendations for their improvement. Particular attention is paid to the protection of rare and endangered species listed in the Red Data Book of Ukraine, as they require special protection measures. An important aspect is the preservation of their natural habitats, monitoring of population numbers and minimization of anthropogenic impact.

Звірівське лісництво перебуває під загрозою серйозних екологічних проблем, що порушують природний баланс. Посилене використання природних ресурсів, а саме зростаючий попит на деревину, суттєво впливають на стан лісових екосистем.

Однією з найважливіших екологічних загроз, є зменшення біорізноманіття, а іноді й зникнення окремих видів. Це руйнує природну рівновагу, оскільки кожен організм відіграє важливу роль у функціонуванні екосистеми, втрата навіть одного виду може спричинити незворотні наслідки. Саме тому питання збереження лісових ресурсів набуває критичної важливості, адже лише відповідальне ставлення до природи дозволить забезпечити стабільність екосистем та зберегти біорізноманіття.

Мета – дослідження, покращення ефективності та удосконалення роботи лісництва, що є пріоритетним напрямом.

Основні завдання дослідження охоплюють такі аспекти:

1. Виявлення екологічних проблем, пов'язаних із веденням Звірівського лісництва, зокрема: збереження флори та фауни.

2. Аналіз ефективності наявних заходів, щодо охорони природних ресурсів, пошук шляхів їхнього вдосконалення.

3. Розробка рекомендацій для покращення управління лісництвом із метою збереження природного балансу.

Аналіз дослідження свідчить про те, що в Звірівському лісництві застосовуються ефективні заходи для раціонального використання лісових ресурсів. Завдяки цьому забезпечується відновлення лісів та підтримка біорізноманіття. Важливу роль у цьому процесі відіграють стратегії управління, спрямовані на збереження природних екосистем.

У Звірівському лісництві значна увага приділяється охороні видів, внесених до Червоної книги України. Ці рідкісні, вразливі види тварин і рослин потребують особливих заходів захисту для збереження та збільшення їх чисельності. Для цього проводиться моніторинг стану популяцій, впроваджуються природоохоронні програми, спрямовані на збереження їхнього середовища існування.

Біорізноманіття Звірівщини представлено такими червонокнижними видами: журавлина дрібноплода (*Vaccinium microcarpum*), зозуліні черевички справжні (*Cypripedium calceolus*), підсніжник білосніжний (*Galanthus nivalis*) та ін. (всього 29 видів рослин), а також очеретянка прудка (*Acrocephalus paludicola*), дятел трипалий (*Picoides tridactylus*), сорокопуд сірий (*Lanius excubitor*), лось звичайний (*Alces alces*) та ін. (всього 30 видів тварин).

Особлива увага приділяється зубру європейському (*Bison bonasus*), якого раніше практично не було в лісництві через антропогенний вплив. Однак нині його популяція демонструє позитивні тенденції до зростання, завдяки комплексним природоохоронним заходам.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що Звірівське лісництво відіграє важливу роль у збереженні природного середовища та підтримці біорізноманіття. Завдяки здійсненню відповідних природоохоронних заходів вдається підтримувати екологічну рівновагу та сприяти відновленню лісових ресурсів. Однак, слід враховувати потенційні загрози, які можуть виникати внаслідок неконтрольованого втручання людини в лісові екосистеми.

ГОЛЕМБОВСЬКА Н.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

**HERMETIA ILLUCENS У ПЕРЕРОБЦІ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ: БІОТЕХНОЛОГІЧНІ  
МОЖЛИВОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ**

Національний університет біоресурсів і природокористування України 03041, вул. Героїв  
Оборони, 15, Київ, Україна; natashagolembovska@gmail.com

**Анотація.** Чорна львінка (*Hermetia illucens*) Личинки комахи *Hermetia illucens*, багаті на білки та жири, можуть стати альтернативним джерелом корму для тварин і риб, знижуючи залежність від традиційних білкових продуктів. Крім того, залишки біомаси використовуються як органічне добриво, що сприяє покращенню якості ґрунтів та підтримці сталого сільського господарства. Високобілкові добавки з личинок чорної львінки також мають потенціал для збагачення раціону людини, що стає важливим у контексті зростаючої популяції та обмежених ресурсів.

Переробка харчових відходів є нагальною проблемою сучасного світу через їхній шкідливий вплив на навколишнє середовище, економіку та соціальну сферу. Потрапляючи на звалища, органічні відходи виділяють метан – один із найбільш небезпечних парникових газів, що сприяє зміні клімату. Крім того, їх накопичення забруднює ґрунти, водойми та атмосферне повітря.

Продукти, які стають відходами, призводять до нераціонального використання природних ресурсів, зокрема води, енергії та земельних угідь, що витрачаються на їх виробництво, транспортування та зберігання. Переробка дозволяє частково повернути ці ресурси в господарський обіг.

Водночас у багатьох країнах спостерігається дефіцит продовольства, тоді як значна кількість харчових продуктів просто викидається.

Чорна львінка (*Hermetia illucens*) є потужним біоконверсійним агентом, який сприяє переробці органічних відходів та зменшенню їхнього негативного впливу на навколишнє середовище. Личинки цієї комахи ефективно розкладають харчові, агропромислові та інші біологічні відходи, перетворюючи їх на високоцінну біомасу, що може бути використана для: корму для тварин і риб, органічного добрива, сировини для біопалива.

Застосування чорної львінки у переробці відходів сприяє сталому розвитку, знижує викиди парникових газів, зменшує кількість відходів на звалищах і підтримує принципи циркулярної економіки. Чорна львінка відіграє важливу роль у переробці органічних відходів завдяки здатності личинок ефективно перетворювати їх на цінні продукти, такі як біодобрива та кормові добавки. Цей екологічно чистий метод дозволяє зменшити обсяги відходів, скоротити викиди парникових газів і підтримувати розвиток циркулярної економіки.

Чорна львінка (*Hermetia illucens*) є цінним ресурсом для харчової промисловості завдяки своїм численним властивостям і потенціалу в переробці відходів, а також виробництві високоякісних продуктів. Личинки цієї комахи містять до 40% білка і велику кількість жирів, що робить їх відмінним джерелом корму для сільськогосподарських тварин, риб та домашніх тварин. Це допомагає знизити залежність від традиційних білкових джерел, таких як соя та рибне борошно, які є дорогими та мають негативний екологічний вплив.

Аквакультура активно використовує личинки чорної львінки як екологічно чисте та ефективне джерело білка для риб та інших водних організмів. Вони є чудовою альтернативою традиційним білковим джерелам, таким як рибне борошно.

Залишки після переробки відходів можна використовувати як органічне добриво або компост, що значно знижує витрати на утилізацію органічних відходів та підвищує родючість ґрунтів, сприяючи сталому розвитку сільського господарства.

Личинки чорної львінки також використовуються як інгредієнт у виробництві високобілкових добавок для людського харчування. У деяких країнах проводяться дослідження щодо використання таких продуктів у вигляді порошку або борошна для збагачення раціону людини. Це може стати альтернативним джерелом білка, особливо в умовах зростаючої популяції та обмежених ресурсів для традиційного землеробства.

САКУН А.О., КУТКОВИЙ Д.О., ПАЩЕНКО П.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ: ВТРАТА ВИДІВ ТА ПОРУШЕННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

*61022, вул. Курничова, 2, Харків, Україна; Antonina.Sakun@khpi.edu.ua*

**Abstract.** Biodiversity is the foundation of ecosystem stability, ensuring the balance of natural processes and supporting the life of all organisms. However, military conflicts have a catastrophic impact on flora and fauna, leading to species loss, the destruction of natural habitats, and the disruption of ecosystem connections. It is crucial to study how combat operations alter natural processes and what long-term consequences this has for ecosystems.

Обстріли, вибухи, використання хімічної та вогнепальної зброї призводять до знищення флори та фауни. Величезну загрозу становлять пожежі, що виникають через військові дії, оскільки вони нищать цілі екосистеми, зменшують кормові ресурси та спричиняють гибель тварин. На рисунку 1 наведено заповідну шкоду для екологічно важливих територій України (рис.1). Значним фактором впливу є забруднення довкілля токсичними речовинами, що входять до складу вибухівки, паливно-мастильних матеріалів та військової техніки. Важкі метали, залишки боєприпасів, нафтові плями та радіоактивні речовини потрапляють у ґрунт і воду, створюючи небезпеку для всієї екосистеми. Це призводить до отруєння тварин і рослин, порушення харчових ланцюгів та зниження чисельності популяцій. Особливо вразливими є водні екосистеми, які страждають від забруднення хімічними речовинами, що змінюють рівень рН води, порушують кисневий баланс та спричиняють загибель риб та інших водних організмів.

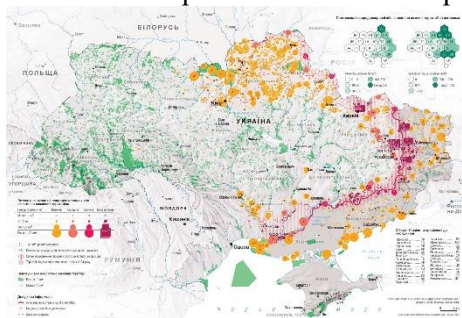


Рис. 1 Заповідна шкода для екологічно важливих територій України (з 2022 р.)

Війна також змінює поведінку тварин, спричиняючи їх масову міграцію. У регіонах, де ведуться бойові дії, значна частина фауни змушена покидати свої природні ареали, що порушує екологічну рівновагу та створює дисбаланс у хижо-жертвених відносинах. Нерідко на зміну місцевим видам приходять інвазивні види, які швидко адаптуються до змінених умов і витісняють аборигенні популяції, що ускладнює відновлення екосистем після завершення конфліктів.

Історичний досвід демонструє руйнівний вплив війн на довкілля. Наприклад, під час війни у В'єтнамі застосування «Агент Оранж» призвело до втрати мільйонів гектарів лісів і загибелі численних видів. Унаслідок нафтових пожеж під час конфліктів у Перській затоці екосистеми пустель і морських акваторій зазнали значної деградації.

Війна в Україні спричинила масове забруднення природоохоронних територій, руйнування лісових масивів, забруднення водних ресурсів і значні ризики для рідкісних видів тварин і рослин. Для мінімізації наслідків військових конфліктів необхідно розробляти міжнародні екологічні ініціативи, спрямовані на моніторинг стану довкілля, відновлення пошкоджених екосистем та очищення забруднених територій.

Важливим завданням є розмінування земель, відновлення лісів і водних ресурсів, а також посилення відповідальності за екологічні злочини у воєнний час. Лише комплексний підхід до збереження біорізноманіття допоможе пом'якшити екологічні наслідки військових конфліктів та сприятиме відновленню природних територій після бойових дій.

БОДАЧІВСЬКА Л.Ю. (УКРАЇНА, КИЇВ)

**ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕЗОВАНИХ СПОЛУК З БІОЛІПІДІВ В КОНТЕКСТІ  
СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

*Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім.В.П. Кухаря НАН України,  
02094, вул. Академіка Кухаря, 1, Київ, Україна; [bodach@ukr.net](mailto:bodach@ukr.net)*

**Abstract.** The directions of chemical transformations and complex pathways of chemical transformation of biolipids into functional biodegradable compounds for the development of materials based on synthesized products are investigated: lubricants, thickeners, tribological and antioxidant additives to them, technological dispersion systems, emulsifiers-stabilizers, corrosion inhibitors in the context of sustainable development, which are not inferior to petrochemical analogs in terms of performance, have increased biodegradability and cause minimal environmental damage.

Жива природа існує завдяки добре узгодженим процесам стійкості, взаємозв'язку, колообігу речовин і енергії, що є найкращим втіленням принципів сталого розвитку. Виснаження енергетичного сектору, а також глобальні потреби в захисті навколишнього середовища від шкідливого забруднення нафтохімічними продуктами посилюють роль альтернативної сировини. Серед помітних замінників – біоліпіди, які є відновлюваними, екологічно чистими та біорозкладними. Хімічне та біохімічне перероблення біоліпідів, насамперед рослинних олій, добре відома в промисловості й дозволяє виробляти численні функціональні продукти.

Враховуючи динаміку виробництва та споживання рослинних олій для технічних потреб, очевидно, що промисловість рухається в бік олеохімічних технологій. Однак ці зміни все ще залишаються політично суперечливими через виснаження орних земель, знищення тропічних лісів та конкурентне споживання рослинних олій у харчовій промисловості. Тому слід, також, дослідити джерела неїстівних біоліпідів та методи їх хімічних перетворень для розв'язання практичних задач сьогодення.

Важливо, що поряд з їстівними рафінованими рослинними оліями також використовуються неїстівні селекційно вирощені культури, фосфатиди та відпрацьована харчова олія, яка утворюється в готельно-ресторанних господарствах та закладах громадського харчування. Досліджено напрямки хімічних перетворень та комплексні шляхи конверсії біоліпідів. Основні з них – це методи епоксидування, гідроксилування, амідкування, сульфування. Розроблені нові технології, дозволяють конвертувати нерафіновані тригліцериди, отримувати різні технологічні продукти в межах одного процесу та значно пом'якшити умови проведення реакцій.

У структурі тригліцеридів, які є основними похідними біоліпідів, можна виділити три реакційноздатні центри. Насамперед вони представлені  $\pi$ -зв'язками карбонільних груп, або подвійними зв'язками та  $\sigma$ -зв'язками метиленових груп поблизу ненасичених місць. Проведено хімічну трансформацію біоліпідів шляхом нуклеофільного заміщення по карбонільних групах, окиснення подвійних зв'язків з подальшою модифікацією, або приєднанням до подвійних зв'язків та заміщенням по C-H  $\sigma$ -зв'язках. Всі ці реакції дозволяють отримати цілий ряд функціональних сполук.

Таким чином, запропоновані методи є одночасно методами створення нових хімічних композицій та утилізації побічних продуктів.

Протестовано властивості отриманих сполук та розроблено шляхи їх використання. На основі проведених досліджень розроблено мастильні матеріали, палива, технологічні дисперсні системи, емульгатори-стабілізатори, інгібітори корозії, загусники, структуровані агенти, трибологічні та антиокислювальні добавки до мастил, які за експлуатаційними характеристиками не поступаються нафтохімічним аналогам, мають підвищену біорозкладність (83-86%) та завдають мінімальної шкоди навколишньому середовищу.

ШЕПІЛОВ Д.О., ЛЕТУНОВСЬКА Н.Є. (УКРАЇНА, СУМИ)

## ТЕНДЕНЦІЇ МАРКЕТИНГУ В ПРОСУВАННІ ПРОЄКТІВ У СФЕРІ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: ДОСВІД КРАЇН ЄС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

*Сумський державний університет*

*вул. Харківська, 116, м. Суми, Україна, 40007; d.shepilov@biem.sumdu.edu.ua*

**Abstract.** Transitioning to renewable energy sources is crucial for Ukraine's energy resilience amid ongoing military threats. This study examines Ukraine's marketing tools for green energy promotion, drawing on EU experience. The research highlights the role of digital marketing, consumer engagement, and policy support in fostering renewable energy adoption. The findings emphasize the need for transparent communication, investment incentives, and educational initiatives to enhance public trust and market growth in the post-war energy transition.

В умовах постійних атак РФ на енергетичну інфраструктуру України, що призводять до значних руйнувань генеруючих потужностей і мереж передачі електроенергії, нагально постає питання прискореного впровадження відновлюваних джерел енергії. Підвищення стійкості енергосистеми України в умовах військової агресії може бути досягнуто через перехід до зелених технологій у енергетиці. Перехід до зелених технологій не лише зміцнює енергобезпеку, а й є ефективним економічно. Досвід ЄС показує, що інвестиції у відновлювальні джерела енергетики стимулюють ВВП і створюють робочі місця. В Україні, попри війну попит на сонячні станції зростає, що підтверджує перспективність децентралізованої генерації для післявоєнного відновлення. Як можна побачити на рисунку 1, попри загрози безпеці, у 2022 році було введено в експлуатацію 46 нових сонячних електростанцій, у 2023 році – 58, а за перші чотири місяці 2024 року – ще 28. Для подальшого нарощування потужностей необхідно створити сприятливі умови для інвестицій, розбудувати інфраструктуру та впроваджувати новітні технології накопичення енергії.

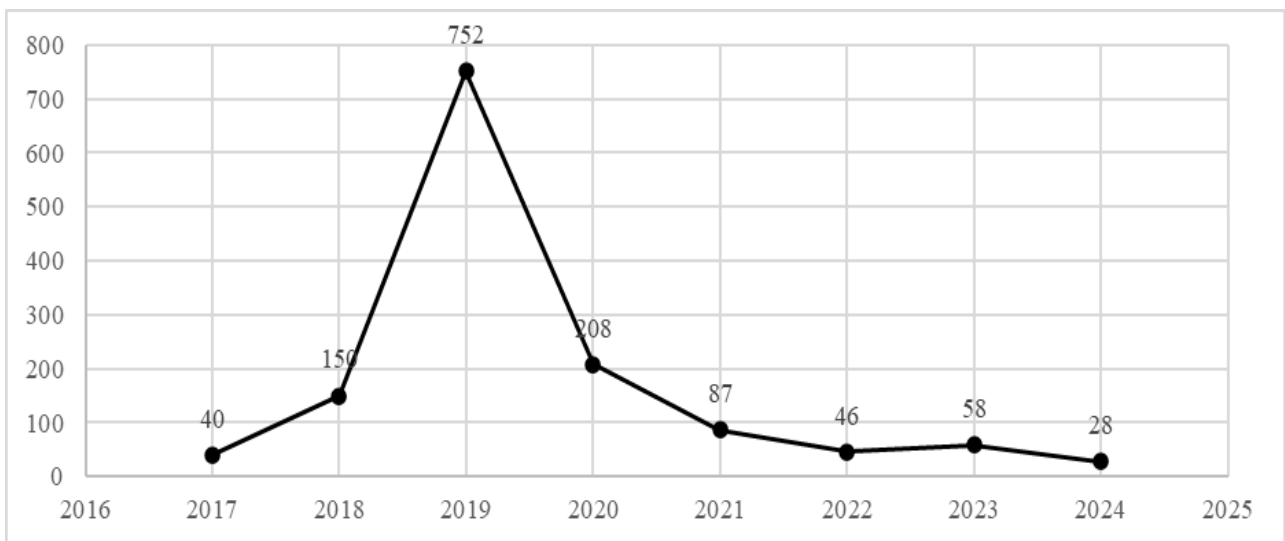


Рис. 1 — Динаміка запуску нових сонячних електростанцій (СЕС) упродовж 2017-2024 рр., од.

Європейський досвід підтверджує, що успішне просування зеленої енергетики ґрунтується на стратегічній комунікації та державній підтримці. Важливу роль відіграє цифровий маркетинг: таргетована реклама, контент-кампанії та партнерства з екоактивістами формують позитивний імідж галузі та стимулюють попит. Розвиток сонячної енергетики в Україні сприяє енергетичній незалежності та економічному зростанню. Залучення інвестицій, удосконалення регуляторної політики та інтеграція накопичувальних технологій дозволять прискорити перехід до сталої енергетики.

Таким чином, можемо стверджувати, що ефективний маркетинг зеленої енергетики, заснований на прозорій комунікації, освітніх ініціативах і цифрових технологіях, є ключем до формування довіри споживачів та прискорення переходу до сталої енергетики в Україні.

БОНДАР К.О., ВОЛОШИНА Н.О., МІСЕЦЬКА Л.О., МІСЕЦЬКИЙ А.С., ЯЦКАНИЧ І. І.  
(УКРАЇНА, КИЇВ)

## ОЦІНКА СТАНУ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

*Український державний університет імені Михайла Драгоманова*

*Вулиця Пирогова, 9, м. Київ, 01601, Україна*

*e-mail:katerynaexpert@gmail.com*

**Abstract.** The significant contribution of protected areas to the conservation and assessment of biodiversity has been recognized in many international agreements and conventions. Unfortunately, little is known about the management strategies that are actively implemented in protected areas. Assessing the contribution of protected areas is an important, highly complex and key objective of various indicators within national and global systems for assessing environmental conservation.

Вагомий внесок охорони та оцінки стану природоохоронних територій для збереження та збільшення біорізноманіття було розглянуто багатьма міжнародними угодами та конвенціями. Нажаль, на сьогодні мало відомо про стратегії управління, які б активно впроваджувалися на природоохоронних територіях. Оцінка внеску природоохоронних територій є важливою, максимально складною та ключовою метою різноманітних показників у рамках національних та глобальних систем для оцінки збереження навколишнього середовища.

Протягом останніх двадцяти років у рамках систематичного природоохоронного планування дослідники досліджували прогалини в існуючій глобальній мережі ПТ і визначали просторові пріоритети для її розширення (Margules and Pressey, 2000; Rodrigues, 2006; Wilson et al., 2009).

На сьогодні однією із вагомих концепцій формування збереження природоохоронних територій – це екомережа. Це обов'язкова ланка, що поєднує в єдине ціле всі концепції і системи охорони природи.

Розбудова екомережі, як конкретного заходу для охорони природи розробляється в Європі вже більше 10 років. Підґрунтям цього була необхідність вирішення проблем, пов'язаних з відновленням видів великих трав'янистих тварин в межах їх історичних ареалів, а саме – забезпечення шляхів пересування та міграцій на досить великі відстані шляхом створення мережі поєднаних ділянок природних територій. (Варивода Є.О., Садковий В.П., 2017р.).

З усього різноманіття сучасних проблем однією з найскладніших є проблема наростання суперечностей між природними процесами та процесами соціально-економічного розвитку, використання природних ресурсів. Розвиток промислового й аграрного виробництва, використання значної кількості природних ресурсів, це суттєво впливають на цілісність природних екосистем і структурно-функціональну організацію ландшафтів, зумовлюють глибокі зміни у біогеоценотичному покриві, руйнування біологічного і ландшафтного різноманіття, знижують ступінь біотичної модифікації ландшафтів (Кирилюк Л.М., Яворська О.Г., 2006 р.).

Надання пріоритетності політиці нерегульованого споживання природних ресурсів зумовлює нарощування антропогенного навантаження на ландшафтів і хід природних процесів у них. Потенційні можливості природних екосистем протидіяти цим процесам перебувають на грані вичерпання. Освоєння нових територій і нових ресурсів призвело до ущільнення географічного простору і необхідності обмеження певних параметрів розвитку в сфері економіки, споживання ресурсів та простору (Мудрак О.В., 2006р.).

Україна знаходиться на першому етапі формування національної екологічної мережі. Це єдина країна на всьому пострадянському просторі (і, можливо, в Європі), яка має законодавчу базу для створення екомереж. (Це закони України "Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000 - 2015 роки" (№1989 – III, від 21 вересня 2000 р.) (Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки: Закон України від 21 вересня 2000 р. №1989-III.) та "Про екологічну мережу України" (№ 1864 – IV від 24 червня 2004 р.) (Про екологічну мережу України: Закон України від 24 червня 2004 р.).

Дослідження на сьогодні показали, що екомережа в Україні розвивається в активному темпі руху, проблематика вагома, та потребує детального дослідження. Наразі відкритим питанням залишається організації роботи органів державної влади, які будуть відповідати за злагодженістю роботи цих органів з метою координації зусиль та проведення ефективних спільних дій у напрямку розбудови екомереж та збереження природи. Органи місцевого самоврядування повинні включатися у формуванні національної екологічної мережі у обласних та регіональних регіонах влади.

СТАТКЕВИЧ О.І., ГОЛЕМБОВСЬКА Н.В., ІСРАЕЛЯН В.М., СТАТКЕВИЧ А.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

# СПЕЦИФІКА ЛАБОРАТОРНОГО РОЗВЕДЕННЯ САПРОФАГА ЧОРНОЇ ЛЬВИНКИ *HERMETIA ILLUCENS* L. (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
03041, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна; [statkevych@nubip.edu.ua](mailto:statkevych@nubip.edu.ua)

**Abstract.** Breeding of *Hermetia illucens* L. in laboratory conditions is a promising direction of bioconversion of organic waste. In Ukraine, this direction is gaining popularity, as it contributes to ecological farming and reducing the costs of organic waste disposal. The article considers the main aspects of the domestication of the species.

Розведення чорної львинки (*Hermetia illucens* L.) у лабораторних умовах є перспективним напрямом для біоконверсії органічних відходів, зокрема рослинного походження. Природний ареал поширення сапрофага є регіони із субтропічним кліматом, зокрема, Північна та Південна Америка. Популяція мухи здатна цілий рік розвиватись в чистій культурі у штучностворених умовах. Наразі досить активно відбувається процес доместикиції виду, зокрема, лабораторно вирощують сапрофага і у регіонах із помірно-континентальним кліматом. Масове розведення чорної львинки використовуються в різних галузях: як їжа та корм, утилізація органічних відходів, детоксикація навколишнього середовища, виробництво біопалива і навіть у косметичі та фармацевтиці.

В Україні зростає інтерес до біотехнологій та екологічного фермерства, при цьому, використання чорної львинки дозволяє скоротити витрати на утилізацію органічних відходів, а також зростає попит на альтернативні білкові джерела у харчових технологіях. Дослідження показали, що лабораторне розведення сапрофага можна умовно поділити на три ключові етапи: дозрівання яєць, живлення личинок та відродження імаго. Наш досвід показав, що в технології розведення популяції ключовими параметрами виступали температура повітря та вологість (ембріональний та постембріональний розвиток), фотоперіод (імагінальний розвиток) та поживні середовища (личинкова стадія) (табл.1.).

Таблиця 1

Технологічні параметри лабораторного розведення *Hermetia illucens* L.

| Стадія розвитку | Параметри розведення                                                                                                                                                                                                                    | Тривалість розвитку                                                                  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Яйце            | Приміщення (клімокамера):<br>t - 25 – 29°C, вологість 70 – 80%,<br>фотоперіод 14:10 L:D                                                                                                                                                 | Процес відродження відбувається за 2 – 3 доби                                        |
| Личинка         | -Приміщення: t - 10 – 20°C, вологість 40 – 90%,<br>-Поживне середовище у контейнері:<br>t – 25 – 30°C, вологість 40 – 90%<br>-Склад поживного середовища: корма тварин (висівки), харчові відходи (тваринного та рослинного походження) | Личинки: I-го віку - 6 діб, II-го - 9 діб – до III-го - 12 діб, VI-го - понад 15 діб |
| Лялечка         | Приміщення:<br>t - 25 – 29°C<br>вологість 70 – 80%                                                                                                                                                                                      | 5 – 7 діб                                                                            |
| Імаго           | t - 27 – 30°C<br>вологість до 70 %<br>фотоперіод 14:10 L:D                                                                                                                                                                              | 15 – 17 діб                                                                          |

Отже, популяція мухи *Hermetia illucens* L. успішно адаптується до умов помірно-континентального клімату, що відкриває можливості для його масового вирощування в Україні. Оптимізація параметрів температури, вологості, фотоперіоду та складу поживного середовища є ключовими факторами ефективного культивування виду. Враховуючи зростаючий попит на альтернативні джерела білка та сталі рішення для утилізації відходів, подальший розвиток технологій розведення чорної львинки має значний потенціал для аграрної, харчової та екологічної галузей.

СМІЧИК З.О., ЦЬОСЬ О.О. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДЕГРАДАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ ПІД ДІЄЮ МІКРООРГАНІЗМІВ

*Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025, просп. Волі, 13, Луцьк, Україна; zorianaasmichikk@gmail.com*

**Abstract.** The importance of this study is due to the growing problem of environmental pollution with polymer waste and its impact on ecosystems. The article is devoted to the assessment of polymer degradation processes under the influence of microorganisms in soil and water conditions. The purpose of the research is to identify the main factors that affect the rate of decomposition of polymers, and to develop recommendations for the disposal of polymer waste, taking into account the biological activity of soil and water fauna.

Забруднення навколишнього середовища полімерними відходами є серйозною екологічною проблемою, оскільки більшість синтетичних полімерів мають тривалий період деградації [1]. Кількість полімерних відходів у навколишньому середовищі з кожним роком збільшується, що зумовлено їх широким використанням у промисловості, побуті та сільському господарстві. Водночас значна частина пластикових відходів непридатна для переробки, що сприяє їх накопиченню в ґрунтах і водних екосистемах, де вони можуть розкладатися на мікропластик, небезпечний для живих організмів. Деградація полімерів мікроорганізмами може бути одним із можливих шляхів зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище. На основі дослідження ми визнали, що природні умови, такі як температура, вологість, аерація та мікрофлора, значно впливають на швидкість розкладання полімеру. Деякі види бактерій і грибів здатні руйнувати полімерні структури, використовуючи їх як джерело вуглецю та енергії [2].

Метою даної роботи є оцінка процесів деградації полімерних матеріалів під впливом мікроорганізмів у ґрунтово-водних умовах. Метою дослідження є визначення основних факторів, що впливають на швидкість та ефективність розкладання полімерів, а також порівняння біодеградації синтетичних і природних полімерів.

Особливу увагу було приділено вивченню ролі мікроорганізмів у процесах деградації полімерів, аналізу їх взаємодії з полімерними матеріалами та оцінці зміни фізико-хімічних властивостей полімерів під час біодеградації. Отримані результати дозволять розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо біологічного використання полімерних відходів та оптимізації їх розкладання в природних умовах.

На початковому етапі експерименту зразки полімерів поміщали в ґрунтові умови (17 контейнерів із ґрунтом) та у водні розчини (14 пробірок). Половина водних зразків виконувала роль контрольної групи, що містила лише полімери у воді, тоді як до решти пробірок додавали буферний розчин із ферментом ліпазою, отриманою з цвілевого гриба *Aspergillus oryzae*. Усі зразки ґрунту та обробленої води залишили для розкладання протягом 3 місяців. Встановлено, що природні полімери розкладаються швидше синтетичних, а ефективність розкладання залежить від виду мікроорганізмів і умов навколишнього середовища.

Дослідження біодеградації полімерів є перспективним напрямком у сфері екологічної безпеки. Отримані результати дозволять розробити рекомендації щодо ефективного використання мікроорганізмів для прискорення процесу деградації полімерів. Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію умов біодеградації та пошук найбільш ефективних мікроорганізмів для розкладання синтетичних матеріалів.

### *Список використаних джерел*

1. Єфремова, О., Іванішина, Т., Ішук, Т., Трухіна, О., Єфремова, Ю. (2022). Сучасний стан поводження з полімерними відходами. Вісник Хмельницького національного університету, №5(313), 26–31.
2. Шилова, Л. П., Бондаренко, В. Г. (2019). Біодеградація полімерних матеріалів у ґрунтових умовах. Науковий вісник екології, №3, 56–63.

ГАЙДУЧОК О.Г., ГУРЖІЙ О.Г. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ПЕРМАНГАНАТ НАТРІЮ У ВОДОПІДГОТОВЦІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ І БЕЗПЕКА

*Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова  
61002, вул. Чорноглазівська, 17, Харків, Україна; office@kname.edu.ua*

**Abstract.** Providing residents of cities with high-quality drinking water is one of the key objectives in water supply. Water quality has a decisive impact on public health, economic development and environmental protection. The use of large doses of chlorine-containing reagents triggers the formation of chloroform in water. In laboratory conditions, research on the effectiveness of sodium permanganate was conducted. When the concentration of  $\text{NaMnO}_4$  was  $0.5 \text{ mg/dm}^3$ , permanganate oxidation decreased by about 46%. The data analysis of the water treatment facilities shows that using sodium permanganate reduces average chlorine consumption by 29%.

Надання мешканцям населених пунктів та міст якісної питної води є однією з ключових цілей у водопостачанні. Якість води визначальним чином впливає на здоров'я населення, економічний розвиток і захист навколишнього середовища. На кожному етапі водопідготовки – від початкового забору води до її постачання споживачам – потрібен ретельний нагляд і безперервне вдосконалення. Технологічні процеси, що забезпечують очищення води, включають в себе великий спектр методів як фізичних (відстоювання, фільтрування та ін.), так і хімічних (додавання реагентів). Однак ці процеси потребують постійного вдосконалення через зміни у складі води та підвищення вимог до її якості.

Якість води з різних джерел водопостачання, зокрема поверхневих вод, не відповідає сучасним вимогам. Окрім того антропогенне навантаження та бойові дії сильно впливають на погіршення якісних показників. Виявлено значні відхилення від нормативних показників, а саме: в річках Дніпро, Південний Буг та ін. Перманганатна окиснюваність на різних ділянках складає  $7\text{--}9 \text{ мГО/дм}$  (норма для питної води  $\leq 5 \text{ мГО/дм}$ ). Це вимагає застосування великої кількості окислювачів таких, як хлор або гіпохлорит. Застосування великих доз хлоровмісних реагентів провокує утворення у воді хлороформу. Так, за даними лабораторії ТОВ «БІЛОЦЕРКІВВОДА», в місяці, коли застосовувалися великі дози хлору, вміст хлороформу, хоч і не виходив за межі ГДК ( $\leq 60 \text{ мкг/дм}^3$ ), але був близьким до неї ( $50\text{--}58 \text{ мкг/дм}^3$ ). Виходячи з цього, можна зробити висновок, що для зменшення витрати хлоровмісних реагентів вхідна вода з поверхневих джерел з подібними показниками якості потребує додаткового окислення іншими реагентами.

Одним з перспективних реагентів вважається перманганат натрію. Він знаходить кілька застосувань в обробці води завдяки своїм сильним окислювальним властивостям і, зазвичай, використовується для видалення органічних сполук, заліза, марганцю та сірководню з джерел. Перманганат натрію діє як потужний окислювач, ефективно розщеплюючи та усуваючи забруднення, які сприяють зміні кольору води, запаху та смаку. Крім того, перманганат натрію використовується для контролю росту мікробів і дезінфекції в процесах очищення води. Він допомагає у видаленні біоплівки, бактерій і водоростей, сприяючи покращенню якості води. Також має велику ефективність в видаленні з води металів, таких як залізо та марганець.

У лабораторних умовах на підприємстві ТОВ «БІЛОЦЕРКІВВОДА» були проведені дослідження ефективності використання перманганату натрію. Встановлено, що при дозуванні  $0,5 \text{ мг/дм}^3 \text{ NaMnO}_4$  перманганатна окиснюваність знижується з  $7,8 \text{ мГО/дм}^3$  до  $4,22 \text{ мГО/дм}^3$ . Оптимальним виявилось дозування  $0,25\text{--}0,5 \text{ мг/дм}^3$ , яке забезпечує зниження перманганатної окислюваності без утворення рожевого забарвлення води.

Аналіз даних роботи очисних споруд протягом трьох років показало, що використання перманганату натрію знижує середню витрату хлору на 29% та зменшує вміст хлороформу у воді на 21,1%. Загальна ефективність зниження перманганатної окислюваності склала 51,4%, що підтверджує доцільність використання цього реагенту у водопідготовці.

Таким чином, отримані результати підтверджують ефективність перманганату натрію як засобу для покращення якості води, зменшення хлорорганічних забруднень та підвищення стабільності в процесах водопідготовки.

ГУБА О.В., СУХАНОВА С.В., НЕПОШИВАЙЛЕНКО Н.О. (УКРАЇНА, КАМ'ЯНСЬКЕ)

## ОЦІНКА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ МІСТА КАМ'ЯНСЬКЕ

*Дніпровський державний технічний університет  
51918, вул. Дніпробудівська, 2, Кам'янське, Україна; pna2013@ukr.net*

**Abstract.** As part of the study, sites were selected and soil samples were taken within the city of Kamianske. Indicator plants were sown on the prepared soil samples and monitored by conducting a growth test. Based on the results obtained, the number of germinations and germination energy of plants were determined, which made it possible to assess the fertility of urban soils. The physical condition of soil samples (mineral composition and soil acidity) was assessed. Recommendations were made to restore soil quality in urban areas through dense planting of trees and herbaceous plants.

Рівень забруднення ґрунтів залежить від характеру використання територій – промислові, селітебні, сільськогосподарські. В рамках дослідження проведено оцінку родючості ґрунтів за допомогою ростового тесту на прикладі окремих ділянок у м. Кам'янське.

Обрано 7 ділянок для дослідження якості ґрунту в межах промислового міста Кам'янське. Вибір ділянок обґрунтований відповідним типом і потужністю антропогенного впливу. В якості контрольної ділянки взято Розсадник декоративних рослин, ґрунт в якому додатково не підживлювався та не піддавався хімічній обробці.

Проби ґрунту відібрано з відповідних ділянок на глибинах 0-15 та 15-30 см, проведена їх підготовка у трьох повтореннях. Всього підготовлено до аналізу 42 проби ґрунту, на які висіяно рослини-індикатори та за якими велося спостереження впродовж 20 діб.

Якісну оцінку ґрунту проводили шляхом підрахунку кількості сходів на кожній пробі ґрунту для відповідної глибини та підрахунку енергії проростання. Отримані результати усереднили для кожної проби ґрунту та побудували діаграми згідно до яких зроблено висновки про біологічні властивості ґрунтів.

Проаналізувавши отримані результати досліджень встановлено, що ділянки Поле та Сквер Шевченко містять мало гумусу, агротехнічно виснажені, потребують додаткового зволоження та підживлення саме органічними добривами, на що вказують результати схожості таких ділянок як Сквер Свободи, Парк Л/б та Парк п/б, на яких присутнє органічне мульчування рослинними рештками, що позитивно впливає на схожість рослин.

Енергія проростання рослин була швидшою для проб, відібраних на глибині 0-15см, що зумовлено більшою кількістю гумінових та мінеральних речовин, що формуються в результаті перепрівання опадів та органічних решток, які лишаються на поверхні ґрунту. Наявність позитивного внеску органічного збагачення ґрунту підтверджує зниження швидкості розвитку розмірів рослин, що вирощувались на доглянутих сільськогосподарських землях (Розсадник, Поле, Карнаухівка), де переважно використовуються мінеральні добрива.

Проведено виміри коріння та стебла для кожної рослини, що зростала на відповідній пробі ґрунту. На глибині 15-30см встановлена значна різниця між висотою паростків, вирощених на пробах ґрунтів з різних ділянок міста. На цю різницю впливав мінеральний склад ґрунту (на супіску краще росте рослинам, на ґрунтах де велика концентрація піску, глини або мулу рослини будуть повільніше зростати), його кислотність (на кислих ґрунтах рослини розвиваються гірше, ніж на нейтральних).

Результати ростового тесту показала, що не на всіх ділянках ґрунту гарної якості та містять потрібної кількості гумусу, кислотності та мінерального складу. Ці три компоненти важливі для гарного розвитку рослин, що позначається на якості екосистем, де вони розвиваються.

Узагальнюючи експеримент з оцінки якості ґрунту за ростовим тестом слід відзначити, що техногенне забруднення ґрунтів не сповільняє розвиток надземної частини рослин та не впливає на розміри кореневої системи, за умови достатньої кількості гумусу та мінеральних речовин у ґрунті за рахунок природного збагачення ґрунту органічними рештками та перепрілим опадом.

ТВЕРДОХЛІСБОВА Н.Є., ЄВТУШЕНКО Н.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА НЕБЕЗПЕК ПРИ РОБОТІ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; [omsroot@kpi.kharkov.ua](mailto:omsroot@kpi.kharkov.ua)*

**Abstract.** Hazardous waste poses significant risks to the environment and human health, and contributes to the degradation of ecosystems through water, soil, and air pollution. Particular attention should be paid to the safety of workers who handle heavy metals and solvents, as well as communities living near waste disposal sites. Improper waste disposal and inadequate infrastructure pose serious risks to the environment and human health. Effective risk assessment, strict safety measures and proper waste management are crucial to minimize hazards and promote sustainable development.

Щороку у світі утворюються мільйони тонн небезпечних відходів, які мають серйозний вплив на довкілля, здоров'я людей і біорізноманіття. Вплив небезпечних відходів на здоров'я людей включає отруєння токсичними речовинами, респіраторні захворювання, порушення роботи нервової системи та навіть онкологічні захворювання. Особливо уразливими є працівники, які контактують із важкими металами, органічними розчинниками та іншими небезпечними речовинами, а також населення, що проживає поблизу місць зберігання або обробки таких відходів. Для довкілля небезпечні відходи становлять загрозу деградації екосистем через потрапляння токсичних речовин у воду, ґрунт чи атмосферу. Наприклад, витоки хімічних речовин у водойми призводять до знищення водних організмів і забруднення джерел питної води, а викиди від спалювання токсичних матеріалів погіршують якість повітря та сприяють глобальному потеплінню. На глобальному рівні регулювання поводження з небезпечними відходами є важливим елементом сталого розвитку. Зокрема, Базельська конвенція ООН регулює транскордонне перевезення небезпечних відходів і зобов'язує держави забезпечувати їх безпечну утилізацію, що є важливим кроком у зменшенні їх негативного впливу.

В Україні ситуація з небезпечними відходами залишається складною: багато полігонів не відповідають сучасним екологічним стандартам, що створює ризики для здоров'я населення. Особливу проблему становлять незаконне зберігання, недостатній контроль за обробкою відходів і відсутність належної інфраструктури для їх переробки. Безпечне поводження з небезпечними відходами є важливим для охорони здоров'я, адже правильне управління мінімізує контакт із токсичними речовинами; екологічної безпеки, оскільки це запобігає забрудненню довкілля та сприяє збереженню природних ресурсів; економічної стабільності, адже сучасні технології переробки зменшують витрати на ліквідацію наслідків забруднення та стимулюють розвиток екологічного бізнесу.

Для забезпечення професійної безпеки при роботі з небезпечними відходами необхідно проводити детальну оцінку ризиків, яка полягає у виявленні всіх можливих загроз для здоров'я працівників, пов'язаних з обробкою, транспортуванням, зберіганням та утилізацією небезпечних відходів. Важливо враховувати такі основні види небезпек, як токсичність, корозійність, радіоактивність, вибухонебезпечність відходів.

Оцінка ризиків включає в себе ретельне дослідження кожного етапу роботи з небезпечними відходами - від їх прийому та зберігання до транспортування та остаточної утилізації. Необхідно проводити регулярні перевірки для контролю, що всі заходи безпеки проводяться на належному рівні, а також для виявлення потенційних загроз на найранніших етапах роботи.

Крім того, важливо забезпечити належний контроль за технічним станом обладнання, що використовується для роботи з небезпечними відходами, а також за станом виробничих приміщень, щоб уникнути надзвичайних ситуацій. Необхідною є розробка та впровадження комплексних процедур щодо використання засобів індивідуального та колективного захисту, а також навчання працівників правильному поводженню з відходами, тому що забезпечення безпеки працівників є важливою складовою частиною всіх заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків для здоров'я та запобігання аваріям.

ЦИБА А.М., КРИВОМАЗ Т.І. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## **ВРАХУВАННЯ ESG КРИТЕРІЇВ В ПРОЦЕСІ ВІДБУДОВИ І РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ**

*Київський національний університет будівництва та архітектури  
03037, проспект Повітряних сил, 31, Київ, Україна; absqueee@gmail.com*

**Abstract.** Taking into account ESG (Environmental, Social, Governance) criteria in the reconstruction of outdated housing stock ensures that redevelopment projects are not only technically and economically viable but also socially responsible and environmentally sustainable. This holistic approach leads to improved living conditions, reduced environmental impact, and stronger, more resilient communities. By integrating modern energy-efficient technologies, engaging with local stakeholders, and adopting transparent governance practices, the reconstruction process can serve as a catalyst for broader urban transformation and sustainable development.

У світі 828 мільйонів міських жителів мешкають у незадовільних побутових умовах. За інформацією Світового банку, внаслідок війни житло 2,5 млн громадян України пошкоджено або повністю зруйновано, що становить 10% загального житлового фонду країни. Загалом кожний четвертий міський житель нашої країни мешкає у житлових приміщеннях, які мають незадовільний технічний стан, низькі експлуатаційні якості та вичерпали свій експлуатаційний ресурс. Таким чином для відбудови України важливо не тільки відновити втрачене житло, але й в цілому покращити якість і комфорт побудованого середовища.

З огляду на те, що в секторі нерухомості домінує інвестиційний підхід, будівельним компаніям слід звернути увагу на перспективи ESG орієнтованого фінансування, яке перевищує 35 трильйонів доларів еквівалентним 50% кредитних активів, що становить приблизно 8% світового багатства за оцінками Global Sustainable Investment Alliance. Раціональні стратегії оцінки стійкості будівельних проєктів орієнтуються на матрицю ESG критеріїв та індикаторів для проєктів житлової нерухомості, що забезпечує цілісний підхід сприяння довгостроковому стабільному фінансуванню та інвестиціям.

Інтеграція критеріїв ESG (Environmental, Social, Governance) в процес відбудови та реконструкції житлового фонду України забезпечує не тільки ефективну модернізацію, але й підвищує екологічну сталість, добробут громад та прозорість управління.

Екологічні (Environmental) критерії забезпечують зменшення вуглецевих викидів, збереження біорізноманітності та ландшафтів, ефективність використання ресурсів та відповідальне управління відходами. Сектор нерухомості спричиняє близько 39% глобальних вуглецевих викидів, тому для зменшення негативного впливу на довкілля слід керуватися категоріями повного життєвого циклу будівельних проєктів.

Соціальні критерії реконструкції (Social) спрямовані на збереження здоров'я мешканців, покращення якості побудованого середовища, підвищення інклюзивності, врахування потреб місцевих громад. Планування інфраструктури має відповідати різноманітним потребам мешканців всіх соціально-економічних груп, а створення багатофункціональних просторів сприяє соціальній взаємодії.

Критерії управління (Governance) забезпечують прозорість у прийнятті рішень і фінансовій звітності. Процес відбудови і реконструкції має відбуватися у тісній взаємодії з місцевими органами влади, громадськими організаціями та приватними інвесторами, щоб поділити ризики та вигоди. Плани сталого управління включають регулярний моніторинг, технічне обслуговування та модернізацію для забезпечення постійного вдосконалення. Необхідно розробити механізми зворотного зв'язку, які дозволять мешканцям повідомляти про проблеми та пропонувати покращення, сприяючи культурі постійної участі та підзвітності.

Цілісний підхід з урахуванням ESG критеріїв в процесі відбудови та реконструкції житлового фонду забезпечить покращення умов життя, зменшення впливу на навколишнє середовище та створення сильніших і стійкіших громад. Завдяки інтеграції сучасних енергоефективних технологій, взаємодії з місцевими зацікавленими сторонами та прийняттю прозорих практик управління процес реконструкції може стати каталізатором ширшої міської трансформації та сталого розвитку.

ГАМОЦЬКИЙ Р.О., КРИВОМАЗ Т.І. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ДОСВІД ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

*Київський національний університет будівництва та архітектури  
03037, проспект Повітряних сил, 31, Київ, Україна; roman.gamotskii@gmail.com*

**Abstract.** The experience of Ukraine underscores that a stable energy supply for multi-storey residential buildings during wartime requires a multifaceted approach. By diversifying energy sources, decentralizing control through microgrids, investing in energy storage, hardening infrastructure, enhancing energy efficiency, prioritizing cybersecurity, and fostering community resilience, countries can better protect their citizens from the impacts of energy disruptions. To stabilize energy supply during war and other crisis situations need to follow the next advices: 1) rely primarily on your own resources; 2) unite to solve problems in groups based on common interests; 3) diversify risks by looking for alternative ways of energy supply; 4) strengthen centralized energy supply with local modules with independent power supply. These lessons relevant for any scenario where energy security is at risk, making them essential considerations for modern urban planning and sustainable development.

Під час війни Україна стикається з чисельними викликами і досвід їх подолання може стати у нагоді іншим країнам для підготовки до виникнення різних кризових ситуацій. Цілеспрямоване руйнування агресором нашої енергоструктури зумовлює необхідність стійкості, диверсифікації та нових методів планування. Особливо вразливими стали житлові багатоповерхівки, де тривалі відключення позбавляють мирних жителів електроенергії, опалення, водопостачання та іншого життєво необхідного забезпечення.

У надзвичайних ситуаціях ризиковано покладатися виключно на централізовану мережу, тому рекомендовано диверсифікувати джерела енергії. Поєднання традиційних джерел енергії з відновлюваними джерелами та резервними генераторами підвищує шанси безперебійного живлення. Акумулятори великої ємності можуть зберігати надлишок відновлюваної енергії для використання під час відключень, забезпечуючи безперервне постачання. Теплоаккумулятори підтримують нагрівання та охолодження під час збоїв в енергетичній системі. Допомагає стабілізувати енергопостачання впровадження інтелектуальних систем управління енергією, які можуть динамічно регулювати споживання в години пік або під час надзвичайних ситуацій. Оскільки енергетичні системи все більше покладаються на цифрове управління, надійні протоколи кібербезпеки є критично важливими для запобігання кібератакам.

Децентралізація мінімізує вплив масових відключень. Децентралізовані системи можуть швидко ізолювати пошкодження, зменшуючи ймовірність повного знеструмлення у всій будівлі чи районі. Встановлення мікромереж Microgrid на рівні будівлі або мікрорайону дозволяє житловим комплексам працювати незалежно від центральної мережі. Необхідно посилювати конструкцію критичної інфраструктури, такої як лінії електропередач, трансформатори та розподільчі мережі. Ризики перебоїв енергії зменшує включення резервних систем та альтернативних резервів палива в систему енергопостачання. Модернізація будівель енергоефективними системами зменшує загальний попит на енергію і навантаження на резервні системи. Встановлення чітких протоколів на випадок надзвичайних ситуацій і регулярні тренування гарантують, що мешканці та управляючі ОСББ будуть готові швидко реагувати на збої в енергопостачанні. Координація між співвласниками багатоквартирних будинків, місцевою владою, постачальниками енергії та іншими зацікавленими сторонами сприяє раціональному розподілу ресурсів і взаємній підтримці.

Для стабілізації енергозабезпечення під час війни та інших кризових ситуацій слід керуватися наступними порадами: 1) покладайтесь в першу чергу на власні ресурси; 2) об'єднуйтеся для вирішення проблем у групі на основі спільних інтересів; 3) диверсифікуйте ризики шукаючи альтернативні шляхи енергозабезпечення; 4) посилюйте централізоване енергопостачання локальними модулями з незалежним живленням. Залишається тільки сподіватися, що ці поради допоможуть іншим країнам підготуватися до можливих потрясінь в умовах зростаючої дестабілізації у світі.

КРИВОМАЗ Т.І., КАЛИСЬ О.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## **ВПЛИВ ESG ПОКАЗНИКІВ НА ІНВЕСТИЦІЙНІ РІШЕННЯ**

*Київський національний університет будівництва та архітектури  
03037, проспект Повітряних сил, 31, Київ, Україна; kryvomaz.ti@knuba.edu.ua*

**Abstract.** Current economic and social trends have led to a higher level of integration and support for ESG among companies around the world and a greater priority for investors to include ESG-oriented companies in their investment choices. In the field of international investments, more attention is paid to sustainable development issues in the context of assessing the international status of companies, capital allocation and making investment decisions. The overall performance of ESG funds is better than that of traditional funds, as over a five-year period, stable funds provide an overall average return of approximately 35%, while traditional funds provide 25%. The projected strengthening of the dynamic growth trends of investments taking into account ESG indicators requires high-quality recommendations and proposals for business.

Зростаючою міжнародною тенденцією є підвищення обізнаності бізнесу щодо проблем навколишнього середовища, соціальної сфери та управління, що пов'язано з прагненнями компаній до максимізації прибутку та мінімізації ризиків. Оцінювання специфіки інвестування з урахуванням ESG критеріїв – це комплексний процес, що поєднує традиційні фінансові показники з нефінансовими аспектами, зокрема екологічними, соціальними та управлінськими (ESG). У інвестиційній індустрії, особливо в Європі, поширюються тренди збільшення активів у ESG фондах. Застосування нефінансових факторів у інвестиційному процесі є відповіддю на глобальні виклики сучасності з метою позитивного впливу на суспільство. Компанії беруть на себе зобов'язання звітувати про те, як в процесі ведення бізнесу вирішуються екологічні, соціальні та управлінські проблеми.

Поширені стереотипні уявлення, що уподобаннями інвесторів керують переважно фінансові результати діяльності, а ESG показники не зосереджені виключно на фінансово суттєвій інформації. Згідно з результатами глобального опитування, більше однієї третини респондентів висловили бажання віддати пріоритет перевагам ESG, а не вищій прибутковості своїх інвестицій. Водночас для багатьох інвесторів важливо, щоб інвестиції узгоджувалися з їх особистими ідеологіями та нормативними системами цінностей. Вони навіть готові відмовитися від певних фінансових прибутків, надаючи перевагу справедливому розподілу капіталу між компаніями та секторами, чия продукція позитивно реагує на глобальні проблеми. Такі інвестиційні стратегії зосереджені на вирішенні проблем війни, кліматичної кризи, вичерпанні ресурсів, деградації довкілля та порушеннях прав людини. Ці тенденції вплинули на показники цінних паперів на ринку, що призвело до збільшення вартості окремих зважених акцій.

Дослідження останніх 50 років впливу ESG на корпоративні фінансові показники підтвердили позитивну кореляцію у 63% і негативну – у 10% випадках, а для 27% встановлено нейтральне співвідношення. Це підтверджує необхідність інтегрування ESG критеріїв у бізнес для підвищення корпоративних фінансових показників та покращення управління компаніями. Використання стійких стратегій дозволяє ефективно враховувати широкий спектр інвестиційних цілей і переваг у різних класах активів і наочно демонструє, що інтеграція різних параметрів ESG в активний вибір акцій позитивно впливає на 22% прибутковості стабільного портфеля акцій. Стратегії з фіксованим доходом орієнтовані на уникнення дефолтів і застосовують аналіз ESG для захисту від ризиків, що забезпечує 29% суттєвого фінансового впливу, 22% захисту від негативних факторів і 6% зростання цін на облігації. На основі аналізу ESG критеріїв розробляють алгоритмічні моделі для збору сигналів фінансово-матеріальної стійкості, які покращують профіль ризику та доходності інвестиційних портфелів. Загальна ефективність ESG фондів краща, ніж у традиційних фондів, оскільки за п'ятирічний період стабільні фонди забезпечують загальну середню прибутковість приблизно 35%, тоді як традиційні – 25%. Прогнозоване посилення тенденцій динамічного зростання інвестицій з урахуванням показників ESG вимагає якісних рекомендацій та пропозицій для бізнесу, врахування наявних тенденцій в розробці політик та стратегій.

БУХКАЛО С.І., ЯКИМЕНКО-ТЕРЕЩЕНКО Н.В., ІГЛІН С.П., ЗІПУННІКОВ М.М.,  
КРАВЧЕНКО В.О., БОНДАРЕВСЬКА О.Ю., ПИРОГОВА В.О. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## КОМПЛЕКСНЕ ІГРОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ФУНКЦІЯМИ НТД

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; bis.khr@gmail.com

**Abstract.** Research is aimed at studying such issues as: 1) classification-identification of models of the organization of waste collection and transportation; 2) their classification-identification according to quality control methods, taking into account resistance to the action of natural factors - sunlight, water; climatic conditions and microorganisms; 3) analysis of the choice of scientifically based models of processing and utilization of polymers as part of solid household waste; 4) development of necessary technological schemes and equipment for waste processing.

Сталий розвиток екологічної безпеки утилізації полімерної тари і пакування (ПП) можна визначити як властивість об'єкта запобігати ризику завдання шкоди здоров'ю людей, майну й навколишньому середовищу відповідно до нормативно-технічної документації (НТД), наприклад, ДСТУ 2860–94. Синергетичні моделі для об'єктів утилізації полімерного пакування досліджували за комплексним ігровим проектуванням як функції зміни властивостей вихідної сировини до утворення інноваційних матеріалів (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.01.10>, <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.01.12>, <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.02.09>). Властивість конкретної продукції, яка полягає в її здатності бути використаною за призначенням без завдання будь-якої можливої шкоди (безпечність продукції зазвичай розглядають як оптимальний баланс ряду чинників, таких як поведінка людини, що дає змогу звести усувний ризик, пов'язаний з можливістю завдання шкоди здоров'ю людей і збереження майна, до прийняттого рівня; безпечність продукції залежно від виду продукції поєднує такі властивості, як електро-, вибухо- та радіаційну безпеку, безпеку від впливу хімічних і забруднювальних речовин, а також від помилкових дій обслуговуючого персоналу, наприклад, за рівнем шуму і вібрації технічних засобів тощо (ДСТУ 3278–95) (табл. 1: Інноваційні комплексні проекти як сучасна технологія підготовки фахівців зі спеціальності «Готельно-ресторанна справа» (на прикладі дисципліни сучасні технології харчування). [№ 1 \(2024\): Вісник Національного технічного університету «ХПІ»](#). Серія: [Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів](#), с. 49-60, Комплексне дослідження інтегрованої безпечної діяльності закладів ресторанного господарства. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 17-20 травня 2024 р / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х. : НТУ«ХПІ»).

Таблиця 1

### Визначення синергетичних підходів до утилізації полімерної тари та пакування ПП

| № | Прийом полімерної сировини та класифікація-ідентифікація за ієрархією етапів дослідження                                                                                                                                            |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Аналіз системи предметної області синергетичних об'єктів та наукове обґрунтування ієрархії                                                                                                                                          |
| 2 | Тенденції розробки методів контролю зміни синергетичних властивостей у процесі експлуатації. ПП.                                                                                                                                    |
| 3 | Визначення ієрархії складових процесів експлуатації як можливостей подальшої синергетичної                                                                                                                                          |
| 4 | Розробка математичної моделі (ММ) з метою вивчення процесів впливу концентрації технологічних добавок на можливості та параметри синергетичної переробки полімерної частки ТПВ у нову                                               |
| 5 | Розробка ММ з метою вивчення процесів впливу концентрації добавок для зміцнення просторової структури виробів на можливості та параметри переробки полімерної частки ТПВ у нову полімерну сировину за експериментальними прикладами |
| 6 | Вибір методів спрямованої синергетичної модифікації для поліпшення якості вторинної полімерної                                                                                                                                      |
| 7 | Висновки та перспективи дослідження за розширенням номенклатури виробів за синергетичними можливостями для різновидів галузей застосування відповідно до НТД                                                                        |

Визначені методи та механізми синергетичних технологій інноваційного асортименту виробництва для різновидів галузей, наприклад, об'єкти будівництва за класифікацією-ідентифікацією нормативно-технічної документації.

КУЧЕРА Я.Й., БАБАДЖАНОВА О.Ф., КУЧЕРА Р.Я., ГУЛЬКО О.М.\_  
(УКРАЇНА, КАЛУШ)

## ВИКОРИСТАННЯ ГІПСОВІСНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГІПСУ

ДУ «Науково-дослідний і проектний інститут основної хімії», вул. Фабрична, 5а, Калуш,  
Україна, 77304, [kucherayaroslav@gmail.com](mailto:kucherayaroslav@gmail.com)

**Abstract.** Industrial gypsum-containing wastes are a valuable resource for the production of gypsum binders, helping to conserve natural resources and reduce environmental impact. However, the accumulation of industrial waste disrupts the ecological balance, necessitating the development of secondary raw material utilization technologies. This work focuses on processing gypsum-containing waste from caustic soda production into building gypsum, addressing the challenge of high impurity content. The process involves repulping, neutralization, filtration, drying, and calcination to obtain a fast-setting gypsum binder of G-2 grade, suitable for various application.

Промислові гіпсовісні відходи є цінним ресурсом для виробництва гіпсових в'язучих матеріалів. Їх комплексне використання не тільки допомагає заощадити природну сировину та кошти, необхідні для її видобутку та обробки, але й сприяє екологічній безпеці та охороні навколишнього середовища, зменшує витрати на створення та експлуатацію великих полігонів для зберігання відходів.

Накопичення промислових відходів призводить до порушення екологічної рівноваги та забруднення довкілля, тому все більше уваги приділяється розробці технологій використання вторинної сировини для виготовлення гіпсових в'язучих матеріалів.

При виробництві хлору і соди каустичної методом електролізу утворюється велика кількість гіпсових відходів з наступним хімічним складом (% мас.):  $\text{CaSO}_4$  – 58,2;  $\text{H}_2\text{O}$  – 33,1;  $\text{NaCl}$  – 8,7.

Утворені гіпсові відходи є багатотонажними, які роками складаються у відвали та, у зв'язку з наявними в них домішками, практично не використовуються. При складуванні відходів у відвали, які знаходяться на відкритих земельних ділянках гіпси забруднюють ділянки землі, а залишки солей та домішок під дією дощів потрапляють у ґрунтові води.

Використання відходу як будівельний матеріал або сировину для виробництва гіпсових в'язучих неможливе через високий вміст домішок.

В роботі розроблено технологію перероблення утвореного у процесі виробництва каустичної соди гіпсовісного відходу у будівельний гіпс з метою подальшої його реалізації споживачу.

Через високий вміст натрію хлориду в шламі отриманий продукт не буде відповідати ДСТУ Б.В.2.7-82:2010 «В'язучі гіпсові. Технічні умови» і потребує попередньої підготовки.

Підготовка шламу передбачає його трикратну репульпацію водою із подальшою нейтралізацією відпрацьованою сульфатною кислотою. Репульпацію рекомендується проводити при перемішуванні у реакторі протягом 15 хв. за співвідношення шлам/вода – 1/2. Після перемішування суспензію шламу зливають у відстійник для відстоювання протягом 1 год. Промивні води від першого та наступного промивання направляють у збірник промивних вод для подальшого відкачування на солерозчинення у свердловину. Фільтрування суспензії гіпсу проводять у барабанному вакуум-фільтрі, після чого утворений кек відправляють на сушіння і випал у барабанну піч. Випал здійснюють за температури 110-170°C, після чого утворений гіпс розмелюють до відповідної фракції і відправляють споживачам.

В результаті одержують гіпсове в'язуче, яке за терміном тужавіння відноситься до групи швидкоутужуваних гіпсових в'язучих, а за границею міцності на стиск – до марки Г-2.

Запропонована технологія переробки гіпсовісних відходів виробництва каустичної соди дозволяє:

- отримати цінний будівельний матеріал – гіпс;
- вирішити проблему утилізації промислових відходів;
- зменшити негативний вплив на навколишнє середовище;
- заощадити природні ресурси та кошти на їх видобуток.

КУЧЕРА Я.Й., БАБАДЖАНОВА О.Ф., КУЧЕРА Р.Я., ГУЛЬКО О.М.\_  
(УКРАЇНА, КАЛУШ)

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРУ І КАУСТИЧНОЇ СОДИ

ДУ «Науково-дослідний і проектний інститут основної хімії», вул. Фабрична, 5а, Калуш,  
Україна, 77304, [kucherayaroslav@gmail.com](mailto:kucherayaroslav@gmail.com)

**Abstract.** A major challenge for most chemical companies is the disposal of sludge waste generated during the filtration, precipitation and neutralisation stages, which is stored in large quantities in sludge ponds or on industrial sites. The production of chlorine and caustic soda produces solid and liquid sludge waste along with the target product. Currently, such sludges are removed from the process in special containers and transferred for disposal to third-party organisations. This paper proposes the use of filter press sludge as an additive that allows the elimination of aggregate in the preparation of cement concrete.

За розміром частинок мінеральні шлами це гетерогенні колоїдні дисперсні системи, в яких твердою фазою є тонкодисперсний гіпс, карбонат кальцію, розчинні і малорозчинні солі кальцію, натрію, а також гідроксиди металів.

Такі шлами можна застосовувати в різних галузях хімічної промисловості, однак, жоден із зазначених продуктів не отримав широкого застосування в промислових масштабах через високу корозійну активність хлоридів, які входять в склад шламів.

Основні напрямки використання шламів виробництва хлору і каустичної соди:

- інтенсифікатори твердіння бетонів;
- добавки, що дозволяють використовувати будівельні розчини при низьких температурах;
- пластифікатори цементних розчинів;
- антифрости, що перешкоджають замерзанню при транспортуванні матеріалів;
- поживні добавки в ґрунти та інш.

В роботі проведено дослідження для розробки прийнятних способів утилізації шламів виробництва хлору і каустичної соди, що дозволяє за мінімальних капіталовкладень одержати цільовий продукт, який може замінити дефіцитні і дорогі компоненти, одночасно не погіршуючи експлуатаційні характеристики кінцевих виробів.

Визначено хімічний склад шламів, які містять значну кількість  $\text{NaCl}$  (10-30%),  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  і до 30%  $\text{H}_2\text{O}$ , а також досліджено фазовий склад шламу і його структуру. За результатами проведених досліджень розроблена принципова технологічна схема перероблення шламу та видані «Рекомендації на проектування схеми і основної апаратури вузла переробки шламу содово-каустичного очищення розсолу виробництва хлору і каустичної соди мембранним методом». Технологія передбачає розчинення шламів содово-каустичного очищення розсолів соляною кислотою. Відфільтрований на фільтр-пресі шлам, безперервно подається в реактор з інтенсивним перемішуючим пристроєм куди самопливом дозується соляна кислота. Для повного розчинення шламу необхідно підтримувати рН не вище 3,5, необхідний час контакту реагентів 1...3 год. Цей розчин змішується для нейтралізації надлишку кислотності з частиною шламу содово-каустичного очищення. Утворена суспензія самопливом поступає у центральну трубу відстійника, куди дозують з напірного мірника через діафрагмовий змішувач гідролізований поліакриламід (ГПАА). Згущена частина суспензії з відстійника вивантажується в збірник з мішалкою. Освітлена частина суспензії з відстійника подається в збірник готової продукції.

Запропоновано використання шламу з фільтр-пресу як пластифікатор, який дає змогу виключити вапно при приготуванні будівельних розчинів, у яких в'язучим є цемент. Як прискорювач тверднення виступає натрій хлористий, який є в складі цього шламу. Дослідженнями фізико-механічних властивостей одержаного будівельного розчину встановлено, що розроблений будівельний розчин згідно ДСТУ Б В.2.7-239: 2010 відноситься до марки 50. Шлам з сатуратора не піддається подальшому переробленню через високий вміст нерозчинного залишку, що складається переважно з глинистих сполук, піску та інших речовин. Як варіант, його можна складувати на нерозкритій частині кар'єру або як матеріал для проведення рекультиваційних робіт на місцях захоронення твердих відходів (полігони твердих відходів).

ВАСІЛЬСВ Д.П., ІЛЬСНКО Т.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ПОКРАЩЕНИЙ ІНДЕКС ЗАБУДОВИ В МОНІТОРИНГУ МІСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ: ПОРІВНЯННЯ З NDBI ТА UI

*Інститут агроєкології і природокористування НААН*  
03143, вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна; [agroecologynaan@gmail.com](mailto:agroecologynaan@gmail.com)

**Abstract.** Remote sensing techniques play a crucial role in monitoring desertification processes. Spectral indices, particularly the Enhanced Built-Up and Bareness Index, have proven to be effective in assessing urban expansion and its environmental impact. The integration of multispectral indices such as EBBI, NDVI, and MNDWI enhances the accuracy of urban mapping and land cover change detection.

У дослідженнях, що стосуються процесів деградації ґрунтів та опустелювання за допомогою дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), спектральні індекси є ключовими інструментами для оцінки стану рослинного покриву, вологості ґрунтів, а також для моніторингу рівня урбанізації. Одним з основних індексів у таких дослідженнях є NDBI (Normalized Difference Built-up Index), який використовується для виявлення та аналізу забудованих територій. Цей індекс дозволяє ефективно оцінювати динаміку розширення урбанізованих зон, що часто супроводжуються погіршенням стану ґрунтів та деградацією навколишнього середовища.

NDBI базується на розрахунку різниці між відбиттям у короткохвильовій інфрачервоній (SWIR) та ближній інфрачервоній (NIR) області спектра, що дозволяє чітко відокремити забудовані території від природних об'єктів, таких як рослинність або водні об'єкти. Позитивні значення NDBI вказують на присутність урбанізованих територій, що важливо для вивчення процесів урбанізації та їхнього впливу на природні ресурси.

Інші спектральні індекси, такі як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) та SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), також активно використовуються для аналізу стану рослинності, вологи в ґрунті та загальних змін у природному середовищі. Однак саме NDBI має особливе значення у контексті моніторингу урбанізації та її впливу на екосистеми, що дає можливість глибше зрозуміти динаміку зміни землекористування та оцінити ризики деградації ґрунтів. NDBI є одним із найпоширеніших індексів для виявлення забудованих територій, проте його ефективність може знижуватися через спектральну подібність із деякими типами ґрунтів. UI, у свою чергу, використовує комбінацію червоного (R), NIR та SWIR діапазонів, що дозволяє враховувати вплив рослинного покриву та дещо покращує розрізнення між забудованими та нежитловими територіями. Однак обидва індекси мають обмеження у точності розрізнення забудованих територій та оголених земель.

У свою чергу EBBI (Enhanced Built-Up and Bareness Index) пропонує покращені можливості картографування міських територій завдяки одночасному використанню NIR, SWIR та теплового інфрачервоного (TIR) діапазонів. На відміну від традиційних підходів, цей індекс дозволяє більш точно ідентифікувати забудовані ділянки та розрізняти їх від оголених земель, що є критично важливим для міського планування та екологічного моніторингу. Використання теплового інфрачервоного діапазону дозволило краще розрізняти забудовані ділянки від оголених земель, що є критичним у районах із високою гетерогенністю міського ландшафту.

Таким чином, використання EBBI у комплексному підході до моніторингу міського середовища відкриває нові можливості для оцінки екологічного стану та планування сталого розвитку міських регіонів. Комплексне використання мультиспектральних індексів, таких як EBBI, NDVI та MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), дозволяє створити більш точну картину змін у навколишньому середовищі. Доведено, що поєднання різних спектральних діапазонів допомагає виявляти найменші зміни в ландшафті, які можуть бути передвісниками серйозних екологічних трансформацій.

Практичне значення дослідження полягає в розробці методики раннього виявлення процесів деградації земель. Запропонований підхід надає унікальні можливості для екологічного моніторингу, вивчення та прогнозування екологічних змін, пов'язаних з урбанізацією та потенційним опустелюванням територій.

РАБАН О.Ю., ЛАВРИНЮК З.В. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА АКТИВНІСТЬ БАКТЕРІЙ *SPHINGOMONAS*, *STREPTOMYCES*, *MICROCOCCUS* І *BACILLUS* У ҐРУНТІ

Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, вул. Волі, 13, Луцьк, Україна; [post@vnu.edu.ua](mailto:post@vnu.edu.ua).

**Abstract.** Today, the negative impact of pesticides on the environment is undeniable. Research in this area remains relevant to ensure environmental safety and sustainable development of the agricultural sector. The Law of Ukraine 'On Environmental Protection' (Articles 20 and 22) provides for the establishment of a state system for monitoring the environment and observing its condition and level of pollution, including persistent organic pollutants and pesticides.

На сьогоднішній день негативний вплив пестицидів на довкілля є беззаперечним. Дослідження в цій сфері залишаються актуальними для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку аграрного сектора відповідно до Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища" (ст. 20, 22), передбачено створення державної системи моніторингу довкілля та здійснення спостережень за його станом, рівнем забруднення, зокрема стійкими органічними забруднювачами та пестицидами.

Пестицид Pesticol має вищу концентрацію діючої речовини - 6,0%. Він містить апельсинову олію (сполука з групи ефірних олій) - 60 г/л. Другий обраний пестицид – KarateGold, містить лямбда-цигалотрин (сполука з групи піретроїдів) - 0,75 г/л (0,075%). Виробником препаратів є компанія SyngentaPolskaSp. z oo (Варшава).

Результати дослідження засвідчили, що бактерії *Sphingomonas*, *Streptomyces*, *Micrococcus* і *Bacillus* мають різний рівень чутливості до токсичного впливу пестицидів Pesticol та KarateGold. Вищий вміст активної речовини у Pesticol спричинив значне пригнічення росту мікроорганізмів на вибір досліджуваних зразків, що сприяє утворенню безбактеріального кільця навколо краплі препарату (рис.1(а,б)). Натомість KarateGold також інгібує дію, але вона була менш вираженою, з незначним кільцем пригнічення лише в окремих чашках Петрі. Це свідчить про його нижчу агресивність і меншу вищу екологічну безпеку від Pesticol, який демонструє потужний бактерицидний ефект.

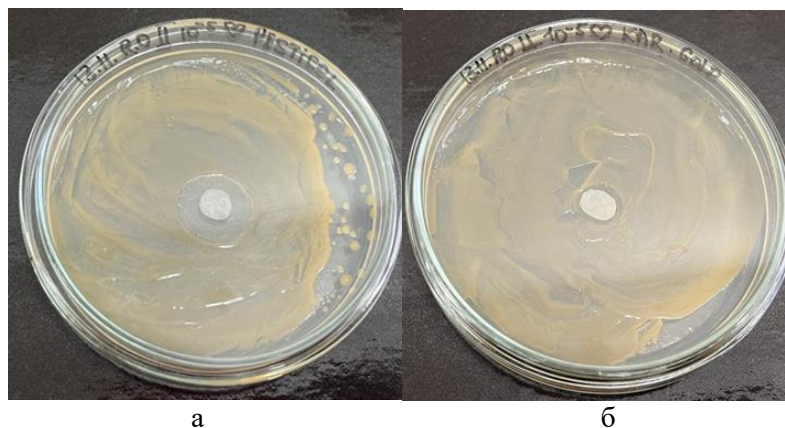


Рис. 1. Зона пригнічення росту, на прикладі бактерії виду *Bacillus*,  $10^{-5}$ : а – пестицид Pesticol; б - пестицид Karate Gold

За результатами проведених досліджень встановлено, що застосування препаратів Pesticol та Karate Gold спричинює значне пригнічення росту мікроорганізмів. При цьому Karate Gold виявився менш токсичним і більш безпечним для захворювання довкілля ніж Pesticol. Отримані дані підтверджують важливість суворого контролю за використанням пестицидів та потребою розробки екологічно безпечних альтернативних методів боротьби зі шкідниками.

СЛОБОДЯНИК В., ДІДЕНКО І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ, КИЇВ)

## **ЦИФРОВІ ВІДХОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ГІГІЄНА: ЯК УНИКНУТИ ЗАЙВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОСИСТЕМУ**

*Національний університет "Львівська політехніка" 79000, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна; [valentyna.h.slobodanyuk@lpnu.ua](mailto:valentyna.h.slobodanyuk@lpnu.ua)*

*ПВНЗ «Європейський університет», бульвар академіка Вернадського, 16 В, м. Київ, Україна; [ihor.didenko@e-u.edu.ua](mailto:ihor.didenko@e-u.edu.ua)*

**Abstract.** The problem of digital waste as an intangible factor affecting the environmental sustainability and efficiency of the digital environment is considered. The environmental impact and the importance of information hygiene for reducing digital overload are analyzed. Practical measures to minimize digital waste are proposed, including data storage optimization, automated cleaning, and environmentally friendly disposal of electronic devices.

Сучасне суспільство дедалі більше покладається на цифрові технології, що призводить до стрімкого зростання обсягів інформації. Разом із корисними даними накопичується й значна кількість непотрібної цифрової інформації, яка стає так званими цифровими відходами. Вони охоплюють непотрібні електронні листи, дублікати файлів, застарілі резервні копії, неактуальні документи та інші дані, що не виконують функціонального призначення.

Проблема цифрового сміття має не лише організаційний, а й екологічний аспект: зберігання зайвих даних потребує значних ресурсів, сприяючи підвищенню енергоспоживання дата-центрів, збільшенню викидів парникових газів і зносу електронного обладнання. У зв'язку з цим важливо впроваджувати принципи інформаційної гігієни, що сприятимуть раціональному використанню цифрових ресурсів і мінімізації їхнього впливу на довкілля.

Цифрові відходи — це зайві, непотрібні або застарілі дані, що накопичуються в електронному середовищі та не мають практичної цінності. Вони можуть виникати як наслідок повсякденного використання технологій, зберігання великих обсягів інформації без її подальшого очищення, а також через недостатню увагу до цифрової гігієни. Накопичення таких даних спричиняє перевантаження серверів, збільшує витрати на енергоспоживання та створює проблеми для ефективного функціонування цифрової екосистеми.

Цифрові відходи мають не лише технічні, а й значні екологічні наслідки. Хоча вони є нематеріальними, їхнє зберігання потребує значних ресурсів, які прямо впливають на стан навколишнього середовища.

Окрім збереження цифрових даних, існує проблема фізичних носіїв інформації, які швидко застарівають. Жорсткі диски, флеш-накопичувачі, сервери та інші пристрої регулярно замінюються новими моделями, що призводить до накопичення електронних відходів. Лише 20% електронного сміття у світі переробляється належним чином, тоді як решта забруднює довкілля, містячи токсичні метали та речовини.

Основні принципи інформаційної гігієни включають: регулярне очищення цифрових носіїв, оптимізація використання хмарних сервісів, автоматизація процесів очищення, відповідальне ставлення до цифрового контенту, екологічна утилізація електронних пристроїв.

Проблема цифрових відходів є важливим викликом сучасного інформаційного суспільства. Неконтрольоване накопичення непотрібних даних не лише ускладнює цифрову екосистему, а й має значний екологічний вплив через зростаюче енергоспоживання та викиди CO<sub>2</sub>. Збереження зайвих даних у дата-центрах сприяє перевантаженню серверів, що підвищує навантаження на електромережі та пришвидшує зношення апаратного обладнання. Окрім цього, проблема утилізації фізичних носіїв інформації загострюється через низький рівень переробки електронного сміття, що містить токсичні речовини.

Таким чином, боротьба з цифровими відходами є не лише технологічним, а й екологічним завданням, яке потребує комплексного підходу на рівні окремих користувачів, організацій та державних регулюючих органів. Впровадження інформаційної гігієни та раціонального управління цифровими ресурсами сприятиме формуванню сталого цифрового середовища, що мінімізує негативний вплив на довкілля та підвищує ефективність цифрової взаємодії.

ГУДЗЕВИЧ Л.С., ГАВРИЛЮК Ю. Ю., КРАЙНІК Ю.М. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ГЛОБАЛЬНІ Й РЕГІОНАЛЬНІ ВИКЛИКИ ДОВКІЛЛЮ ТА ЗАХОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського 21000, вул. Острозького, 32, Вінниця, Україна; [gudzevichluda@gmail.com](mailto:gudzevichluda@gmail.com)*

**Abstract.** Визначено ключові протиріччя взаємин суспільства та Природи, які можуть спричинити погіршення стану довкілля й загрожують існуванню людства. Акцентується увага на міжнародному, національному й регіонально-обласному природо-орієнтованих рішень порядках денних й наголошено на належному організаційно-правовому забезпеченні із їх впровадження. Розглянуто практичний приклад подолання негативних змін довкілля шляхом відновлення лісових ландшафтів у Вінницькій області.

На сучасному етапі розвитку цивілізації Землі простежується наростання протиріч між нею і навколишнім середовищем. І вперше за піввікову історію економічного форуму в Давосі (2020), визначено, що п'ять найбільших світових ризиків є екологічними. Йдеться про кліматичні катастрофи, втрати біорізноманіття та руйнування наземних і водних екосистем. Питанню збереження довкілля, необхідного для існування людини, залишається під пильною увагою ООН. Свідченням цьому є низка прийнятих нею резолюцій: 70/1 «Перетворення нашого світу: Порядок денний у галузі сталого розвитку на період до 2030 року» (2015.), 65/161 «Про проголошення 2011-2020 роками Десятиліття біорізноманіття» (2010), А / RES / 73/284 «2021–2030 роки – Десятиліття Організації Об'єднаних Націй з відновлення екосистем» (2019).

У постійному полі зору вчених – надмірно стрімка зміна клімату у зв'язку з підвищенням глобальної середньої температури. Кліматична криза потребує її вирішення уже зараз. Своєрідною реакцією на на глобальні зміни клімату став проєкт INSURE: movIng Nature baSed climate solutions into Ukraine's Reform agEnda (запровадження природоорієнтованих кліматичних рішень в Порядок денний реформ України). Проєкт спрямований на формування загального бачення розвитку України з урахуванням зміни клімату, покращення знань і розбудову спроможності органів державної влади та широкої спільноти зацікавлених груп у сфері впровадження ПОР для адаптації до зміни клімату лісового, водного та сільського господарства. Реалізований WWF-Україна, за фінансової підтримки Швеції та у співпраці з WWF Східної та Центральної Європи, WWF Швеції та WWF Польщі упродовж 2021–2022 рр.

Важливим кроком у адаптації України до зміни клімату та гарантування водної безпеки нашої країни став комплексний план заходів (ПУП), спрямованих на підготовку та пом'якшення наслідків посух. Він розроблений Всесвітнім фондом природи України (WWF-Україна) та представлений улітку 2024 р. Проєкти розроблені для суббасейнів річки Тиса, а також річок Прут та Сірет.

Указом «Про деякі заходи щодо збереження та відтворення лісів» (2021) Президента України Володимира Зеленського започатковано на всеукраїнському рівні ініціативу масштабного заліснення України – «Зелена країна» – 1 млрд дерев за 3 роки.

Прикладом вирішення природоохоронних питань на регіональному рівні є розроблена «Обласна програма досягнення оптимального рівня лісистості у Вінницькій області на 2012–2025 рр.». Показник лісистості Вінницької області станом на початок 2025 року уже складає 14,4%. Програма передбачає забезпечення поступового збільшення площі лісів області до оптимального рівня – 15%, підвищення продуктивності лісів, поліпшення якісного складу лісових насаджень, збереження їхнього біорізноманіття, посилення державного контролю за охороною, захистом, використанням та відтворенням лісів. Для її дреалізації необхідно створити нових лісів на площі 30 тисяч га, – це стільки ж як створено за 30 років незалежності України. З огляду на те, що щороку на Вінниччині висаджують до 2,5 тис. га лісу, досягти цих показників можна уже через 6–7 років у випадку отримання згоди громад дати вільні землі під заліснення. Правове підґрунтя для збереження біорізноманіття та нелісових природних екосистем, які виникли внаслідок виведення з обігу й резервування орних земель є схвалений Верховною Радою закон (2022), що узаконює самосійні ліси на землях с/г призначення.

MORSKYI V.I., SHEVCHENKO R.V., LUKASH O.V. (UKRAINE, CHERNIHIV)

## NEGATIVE AND POSITIVE CONSEQUENCES OF THE INVASIVE SPECIES SPREAD IN THE CHERNIHIV CITY FOREST PARKS (UKRAINE)

T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"  
53 Hetmana Polubotka Street, Chernihiv, Ukraine14013; lukash2011@ukr.net

**Abstract.** The spread of invasive species in forest parks of the Chernihiv city green infrastructure has impacts related not only to the environment, but also to human health, mostly negative. The loss of biodiversity caused by invasions of alien plants indirectly negatively affects the health of the population. At the same time, decorative adventitious species that were introduced and later spread also have a positive impact, enriching the cultivated diversity of the Chernihiv city, as well as supplementing the pollinator base.

According to the degree of naturalization, adventitious plants of forest parks of green infrastructure of the city of Chernihiv, according to the approaches of V. V. Protopopova and M. V. Shevera (2001), can be divided into agrophytes and epiphytes.

Agrophytes (the species that have naturalized in natural and semi-natural forest park communities. For example: the species of the North American origin (*Juncus tenuis* Willd., *Acer negundo* L., *Acer saccharinum* L., *Stenactis annua* (L.) Nees, *Rudbeckia laciniata* L., *Impatiens grandulifera* Royle, *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A.Gray, *Amorpha frutcosa* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Robinia pseudoacacia* L., *Oenothera biennis* L.), the species of the Asian origin (*Impatiens parviflora* DC., *Fallopia convolvulus* (L.) A.Löve, *Salix fragilis* L.), the species of the Mediterranean origin (*Saponaria officinalis* L., *Vicia angustifolia* Reichard).

Epiphytes (the species that have completely naturalized in phytocenoses of anthropogenic ecotopes). For example, the species of the North American origin (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.), the species of the South American origin (*Solanum nigrum* L.), the species of the Mediterranean origin (*Urtica urens* L., *Viola arvensis* Murray.).

The intensity of the impact of alien species is associated with a number of biotic and abiotic factors. Thus, in the forest-park zones of Chernihiv, an adventive species of North American origin is widely distributed - *Solidago canadensis* L., which is a valuable late-summer honey plant. Goldenrod, as well as Canadian goldenrod, are valued by beekeepers for their unpretentiousness and long period.

Invasive alien species such as *Robinia pseudoacacia* and *Ambrosia artemisiifolia* are particularly widespread in forest-park zones. Their environmental impact is based on allelopathic properties, which enable them to thrive and spread actively. At the same time, they affect soil properties.

It was found that *Robinia pseudoacacia* has a crown density of 0.7–0.8, is 14–18 m high. In park areas, trees under 60 years old predominate. *Robinia pseudoacacia* in places forms a dense undergrowth (0.2–0.3) 3–4 m high. Therefore, there is good naturalization of this introduced species. In the herbaceous stand, which has a projective cover of 5–30%, weed species (*Chelidonium majus* L., *Geum urbanum* L., *Geranium robertianum* L., etc.) play a significant role. It is also necessary to note the benefits of *Robinia*. The flowers of *Robinia pseudoacacia* is perfect as an antipyretic, and also for the prevention of diseases of the lungs and bronchi, and also as an effective antispasmodic, that is, for spasms of internal organs or muscles. The healing properties of flowers: acacias improve blood clotting; dilate blood vessels and relieve spasms; increase sputum production during colds; reduce body temperature; increase sweat secretion; destroy pathogenic bacteria; have a diuretic effect; normalize blood pressure; stimulate the secretion of bile; reduce stomach acidity.

The ecological consequences caused by phytointroductions in the forest parks of Chernihiv have local manifestations, but pose a threat to the stability of natural ecosystems adjacent to the city. The main threat of invasive species in the forest park zones of Chernihiv is the impoverishment of local plant diversity. In addition, invasive plants in forest parks can directly and indirectly affect human health. *Ambrosia artemisiifolia* is one of the most dangerous invasive plants, which not only displaces local flora, but also seriously affects human health.

Acknowledgments. This work has been supported by the International Visegrad Fund. The authors are grateful for this support.

ШЕВЧЕНКО Р.В., АРАВІН М.А., ЛУКАШ О.В. (УКРАЇНА, ЧЕРНІГІВ)

## **ШКАЛИ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЛІСОПАРКОВІ ЕКОСИСТЕМИ МІСТА ЧЕРНІГОВА (УКРАЇНА)**

*Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,  
14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, Україна; lukash2011@ukr.net*

**Abstract.** To assess the degree of anthropogenic impact on forest park ecosystems of the Chernihiv city, The scoring scales of the degree of anthropogenic impact on forest park ecosystems were developed based on the following factors: trampling by grass, damage to tree stands, spread of adventitious species, mechanical clogging, burning, recreational fertilization. It was found that the ecosystems of the Yalivshchyna forest park are the most vulnerable in terms of the degree of anthropogenic load.

Для оцінки ступеня антропогенного впливу на лісопаркові екосистеми міста Чернігова була розроблені бальні шкали ступеня антропогенного впливу на лісопаркові екосистеми за 6 факторами.

Витоптування травостою: 1 – мінімальне витоптування, природний травостій не порушений; 2 – незначне витоптування, трава частково пригнічена, але швидко відновлюється; 3 – помітне витоптування, ділянки з витоптаним ґрунтом, поява плям оголеного субстрату; 4 – сильне витоптування, значні площі без травостою, ерозія верхнього шару ґрунту; 5 – повне знищення травостою, ґрунт ущільнений, ерозійні процеси активні. Пошкодження деревостанів: 1 – відсутність видимих пошкоджень дерев; 2 – незначні механічні пошкодження окремих дерев (злам гілок, подряпини на корі); 3 – систематичні пошкодження кори та гілок, поява ран на деревах; 4 – масове пошкодження стовбурів, обламування великих гілок, зниження життєздатності дерев; 5 – значні ушкодження, часткова загибель дерев або всихання окремих груп насаджень. Поширення адвентивних видів: 1 – адвентивні види відсутні або трапляються поодинокі екземпляри; 2 – незначне поширення, зустрічаються поодинокі особини, що не формують суцільних угруповань; 3 – видно формування локальних угруповань адвентивних видів; 4 – адвентивні види активно поширюються, витісняючи місцеву флору; 5 – домінування адвентивних видів, витіснення аборигенних рослин, деградація природних угруповань. Механічне засмічення: 1 – відсутність або поодинокі випадки засмічення; 2 – незначна кількість сміття, що не впливає на природне середовище; 3 – помітне засмічення, потребує регулярного прибирання; 4 – сильне засмічення, наявність великих обсягів відходів, що змінюють екосистему; 5 – критичне забруднення, накопичення сміття призводить до деградації території. Випалювання: 1 – випалювання відсутнє; 2 – окремі випадки випалювання, які не завдають значних пошкоджень екосистемі; 3 – періодичне випалювання, що впливає на стан травостою та лісового настилу; 4 – часті підпали, що призводять до значного виснаження рослинного покриву; 5 – регулярне випалювання, що спричиняє деградацію екосистеми, загибель рослинності та ерозію ґрунту. Рекреаційне навантаження: 1 – дуже низьке навантаження: відвідувачі з'являються рідко, менше 5 осіб за годину у будні та вихідні; відвідувачі здебільшого перебувають на території лісопарку з метою піших прогулянок; 2 – низьке навантаження: невелика кількість відвідувачів, 5-15 осіб у будні, 15-30 осіб у вихідні; відвідувачі здебільшого перебувають на території лісопарку з пізнавальною метою (організовані екскурсії) та для піших прогулянок; 3 – середнє навантаження: помірний потік людей, 15-30 осіб у будні, 30-60 осіб у вихідні; відвідувачі здебільшого перебувають на території лісопарку з метою виходу собак та піших прогулянок; 4 – високе навантаження: значна кількість відвідувачів, 30-60 осіб у будні, 60-100 осіб у вихідні; відвідувачі здебільшого перебувають на території лісопарку з метою виходу собак та заняття спортом, які передбачає витоптування (велоспорт, пробіжки тощо); 5 – дуже високе навантаження: постійний потік людей, понад 60 осіб у будні та понад 100 осіб у вихідні; основна мета відвідувачів – це розважальний відпочинок.

Було встановлено, що за ступенем антропогенного навантаження найбільш вразливими є екосистеми лісопарку Ялівщина (на боровій терасі р. Стрижень), на другому місці – Кордівка (заплава р. Десни), та третьому – Святе (спільна борова тераса річок Десна та Стрижень).

СЕЛЕЗНЬОВ Р.В., БУХКАЛО С.І. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА АЛГОРИТМАМИ ДІЇ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Курличова, 2, Харків, Україна; bis.khr@gmail.com

**Abstract.** Chemical engineering for sustainable development of hydrolytic sulfuric acid (HSA) production is presented with scientific justification and characteristics of the component technical solutions, for example, according to the hierarchy: 1. Classification-identification of the contact process without intermediate absorption. 2. Processes for obtaining iron sulfate from hydrolytic acid. 3. Evaporation of hydrolytic acid with the release of iron sulfates. 4. Thermal decomposition of HSA with the production of sulfur dioxide. 5. Production of ammonium sulfate and extraction of V, Al, Ti, Cr compounds from hydrolytic sulfuric acid.

Сталий розвиток екологічної безпеки енергоефективного проектування об'єктів хімічної інженерії зазвичай пов'язаний з різновидами матеріалів інтелектуальної власності, в які включено індивідуальні елементи нових наукових досліджень EFCE та CFE-UA. Визначені енергоефективні технологічні рішення сталого розвитку процесів екстракції даних для теплоенергетичної інтеграції процесу концентрації гідролізої сірчаної кислоти (технологія виробництва діоксиду титану) (табл. 1).

Таблиця 1

### Визначення підходів до ієрархії процесів екстракції даних

| № | Прийом полімерної сировини та класифікація-ідентифікація за ієрархією етапів дослідження                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Класифікація-ідентифікація та характеристики процесу концентрації гідролізої сірчаної кислоти (ГСК) та аналіз існуючих технологій <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.06.13">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.06.13</a>                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2 | Проблеми визначення ієрархії енергоефективності процесів та обладнання хімічної інженерії за означеним виробництвом. <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.05.06">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.05.06</a>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3 | Застосування пінч-аналізу для оптимізації енергоспоживання інтегрованої системи виробничих процесів за сучасними технологічними схемами. <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.02.10">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.02.10</a>                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4 | Характеристика об'єкта дослідження – визначення складових процесів концентрації гідролізої сірчаної кислоти.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5 | Вибір взаємозв'язків властивостей технологічної системи: екологічні, економічні, надійності і технологічної безпеки, спрощений контроль і керування та інші <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.02.11">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.02.11</a> <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.01.04">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.01.04</a> <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.01.12">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.01.12</a> |
| 6 | Розподіл процесу на етапи: випарювання та укріплення як технологічний процес концентрування <a href="#">розчинів</a> шляхом виділення <a href="#">розчинника</a> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7 | Висновки та перспективи дослідження <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.06.04">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2020.06.04</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Основні засади системного аналізу визначені на основі класифікації-ідентифікації основних складових проектування обладнання, наприклад, методів інтеграції в енергозберігаючих хімічних виробництвах; взаємозв'язок явищ в окремих процесах та апаратах; ієрархія явищ та їх супідрядність у вивченні процесів та апаратів; ієрархічна структура хімічного виробництва; взаємовплив апаратів та інші. Зазвичай такі інноваційні методи навчання завершуються публікацією статті або тез конференції для кожного студента, що потребує визначення складових навчання. <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2021.01.12>

Таким чином, визначені методи та механізми дії за алгоритмами технологій інноваційного дослідження та виробництва для різновидів галузей хімічної і харчової інженерії, наприклад, об'єкти виробництва великотоннажної сучасної продукції за класифікацією-ідентифікацією та розробкою енергоефективних підприємств сталого розвитку відповідно до нормативно-технічної документації.

ЗЕМЕЛЬКО М.Л., БУХКАЛО С.І.\*, КОВАЛЬЧУК В.М.

## ВІД ТРАДИЦІЙ ДО ІННОВАЦІЙ: СУЧАСНІ ТРЕНДИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗА ДОСЛІДЖЕННЯМИ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ

*\*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

*61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; bis.khr@gmail.com*

*Український державний університет науки і технологій*

*ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро*

**Abstract.** The influence of functional components on rheological, physicochemical and organoleptic characteristics of meat products is also established. The theoretical and methodological bases of the study were the provisions of general scientific methods of cognition and specific methods of assessing the quality of finished meat products and raw materials from which it is made. Theoretical generalization, grouping and comparison was used to reveal the essence of the concept of "functional components". On the basis of comparison of theoretical knowledge and practical experiments, conclusions and proposals for improving production and improving the properties of meat products with functional components are made.

М'ясопереробна промисловість поєднує традиційні технології з інноваційними рішеннями, спрямованими на підвищення якості, безпечності та харчової цінності продукції. Основні тенденції досліджень у цій сфері зосереджені на зниженні вмісту шкідливих компонентів, застосуванні природних антиоксидантів та консервантів, використанні альтернативних білкових джерел, а також впровадженні функціональних добавок для покращення фізико-хімічних і органолептичних властивостей м'ясних виробів (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.01.02>).

Одним із перспективних напрямів є розробка м'ясних виробів, що передбачає виключення синтетичних добавок і використання натуральних інгредієнтів, таких як екстракти розмарину, поліфеноли, харчові волокна та органічні кислоти. Це дозволяє не тільки подовжити термін зберігання продукції, а й покращити її поживну цінність. Крім того, зростає інтерес до застосування альтернативних джерел білка, зокрема рослинних (гороховий, соєвий білок), білків комах, водоростей і мікопротеїнів, що сприяє розширенню асортименту м'ясних виробів із підвищеною біологічною цінністю [1]. Також значна увага приділяється впровадженню функціональних компонентів для покращення структурно-механічних властивостей м'ясних виробів. Використання харчових волокон (пшеничної, яблучної, бамбукової), білкових концентратів і полісахаридних гідроколоїдів сприяє підвищенню вологосв'язувальної здатності, стабільності текстури та зниженню кулінарних втрат під час термообробки (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.01.06>).

Подовження терміну зберігання м'ясних виробів досягається завдяки застосуванню пробіотичних культур, модифікованої газової атмосфери, вакуумного пакування та активних пакувальних матеріалів із антимікробними властивостями. Сучасні інноваційні підходи сталого розвитку харчової галузі не лише забезпечують стабільність і безпечність продукції, але й відповідають зростаючим вимогам споживачів щодо якості та наявності натуральних компонентів м'ясних виробів (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.02.02>).

У даній науковій роботі було досліджено якісні властивості сировини та м'ясних виробів – показники сталого розвитку різновидів галузей, а саме органолептичні показники, вміст вологи, білку, жиру, крохмалю та лактози, нітриту натрію, кухонної солі, титрованої кислотності, вологоутримувальної та желуючої здатності, вимірювання рівня рН, електропровідності, якості подрібнення та текстури (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.02.12> <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2023.02.11>).

### Література:

1. Madzlan, M.F., Sharifudin, M.S., Huda, N., Yahaya, R., & Othman, R. Polysaccharide Hydrocolloids and Their Applications in Meat Products: A Review. // Gels. – 2023. – 11(55). – P. 1-20. DOI: 10.3390/gels11000055.

ЛИЖНЮК О.П., МИХАЙЛОВСЬКА О.В., БУХКАЛО С.І.,  
АГЕЙЧЕВА О.О. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## АЛГОРИТМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КИСЛОТНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; bis.khr@gmail.com

**Abstract.** The essence of sustainable development of acid hydraulic fracturing is the application of two physicochemical effects on the bottomhole zone within the framework of one technological process. The impact on the composition of rocks occurs not only due to high pressures and rates of fracturing fluid injection, but also due to chemical reactions of acid with rocks. Acid treatment of rock is used in both carbonate rocks and sandstones. In sandstones, acid treatment of the matrix is aimed at dissolving particles that pollute the bottomhole zone of the formation and perforations. Theoretically, the acid is filtered into the porous medium, dissolving solid particles in the pore channels that impede the flow of formation fluid, so the acid dissolves particles in the pores, pore channels and along the pore surfaces.

Сталий розвиток екологічної безпеки підвищення ефективності технології кислотного гідравлічного розриву пласта в карбонатних колекторах (табл. 1) можна визначити як:

1) Створення тріщини шляхом закачування рідин відповідного складу у пласт зі швидкістю, що перевищує її поглинання пластом – тиск рідини зростає, поки не буде перевищено внутрішнє напруження (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.02.09>).

2) Утримання тріщини у розкритому стані, подальше формування (розширення) тріщин у пласті здійснюється закачуванням системи контролю та моніторингу видобутку, але у розробці не передбачено закачування твердих закріплювачів для тріщин.

3) Видалення рідини розриву: перш ніж почати видобуток із свердловини, ступінь складності її видалення залежить від характеру застосовуваної рідини, тиску в пласті та відносної проникності пласта (<https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.01.02> , <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.01.09> , <https://doi.org/10.20998/2220-4784.2024.02.08> ).

Таблиця 1

### Визначення підходів до технології кислотного гідравлічного розриву пласта

| № | Складові класифікація-ідентифікація за ієрархією етапів дослідження                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Аналіз системи предметної області об'єктів, наприклад, у підготовленій та обладнаній свердловині проводять гідропіскоструминну перфорацію якщо це передбачено планом робіт за науковим обґрунтуванням ієрархії дослідження. <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.03">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.03</a> |
| 2 | Тенденції розробки методів: закачування нафти (при обробці нафтової свердловини) або води (при обробці свердловини нагнітальної) і створюють максимально можливий тиск.                                                                                                                                                               |
| 3 | Визначення ієрархії складових процесів: при максимальній кількості підключених насосних агрегатів у свердловину закачують рідину розриву зі швидкістю, що перевищує швидкість її поглинання пластом – тиск рідини зростає, у породі утворюється тріщина.                                                                              |
| 4 | Дослідження процесів екологічної безпеки технології кислотного гідравлічного розриву пласта з додаванням нафтокислотної емульсії. <a href="https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.10">https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.10</a>                                                                                           |
| 5 | Безпечна кількість рідини дорівнює ємності колони насосно-компресорних труб, при прокачуванні зайвої кількості рідини вона може відтіснити пісок у глиб пласта, тобто після зняття тиску тріщина в безпосередній близькості до свердловини знову зімкнеться.                                                                          |
| 6 | Перш ніж почати видобуток зі свердловини, видалити рідину розриву і вилучити усіх залишків матеріалів з вибою.                                                                                                                                                                                                                        |
| 7 | Висновки та перспективи застосування результатів дослідження                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Таким чином, визначені методи, процеси та технології сталого розвитку технології гідророзриву пласта, які здійснюється при використанні цілого комплексу наземного та підземного обладнання. Наприклад, наземне обладнання цільового призначення включає насосні та піскозмішувальні агрегати для підготовки та закачування робочих рідин, автоцистерни для доставки рідин гідророзриву, спеціальну обв'язку гирла свердловини з обладнанням за класифікацією-ідентифікацією нормативно-технічної документації.

ДЖАМ О.А., БЕГАЛЬ В.С., ЖДАНЮК Б.С. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

# ЛІСОЗАХИСТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСІВ ФІЛІЇ “КАМІНЬ-КАШИРСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО” ДП “ЛІСИ УКРАЇНИ”

Волинський національний університет імені Лесі Українки  
43025, проспект Воли, 13, Луцьк, Україна; vnu.edu.ua

**Abstract.** The forest farm's implementation of forest protection measures, which had a positive effect on improving the sanitary condition of plantations, was considered. It was noted that the forest farm's implementation of a complex of forest protection measures contributes to the normal growth and development of forest plantations, timely warns of the appearance of pests and diseases, and helps to plan effective measures to combat them; the forest protection measures planned for the revision period by the forest farm have been practically implemented.

Філія “Камінь-Каширське лісове господарство” ДП “Ліси України” розташоване на території Камінь-Каширського адміністративного району, що знаходиться в північно-східній частині Волинської області.

Основним способом лісовідновлення, є штучне, методом створення лісових культур, але зі значною часткою природного відновлення (табл. 1).

Таблиця 1

## Відтворення лісів, га

| Способи відтворення лісових насаджень | 2020 р. | 2021 р. | 2022 р. |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| Садіння та висівання лісу             | 142     | 204     | 0       |
| Природне поновлення лісу              | 131     | 151     | 4       |

Лісові культури створювались за технологічними схемами рекомендованими минулим лісовпорядкуванням, а також узгоджувались при проведенні безперервного лісовпорядкування. Фонд лісовідновлення в основному складався зі зрубів ревізійного періоду. Терміни переводу лісових культур та природного поновлення в покриті лісом площі витримуються (табл. 2).

Таблиця 2

## Лісокультурні роботи, га

| Види лісокультурних робіт                                            | 2020 р. | 2021 р. | 2022 р. |
|----------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Переведення лісових культур у вкриті лісовою рослинністю землі       | 141     | 144     | 274     |
| Переведення природного поновлення у вкриті лісовою рослинністю землі | 257     | 217     | 545     |

Осередки масового розмноження шкідників лісу були відсутні. Із хвороб лісу найбільше поширення мали коренева губка та березовий і вільховий трутовик. Запроєктовані на ревізійний період лісозахисні заходи лісгоспом практично виконані. (табл. 3, 4).

Таблиця 3

## Захист лісів від шкідників і хвороб, га

| Способи захисту лісів від шкідників і хвороб                       | 2020 р. | 2021 р. | 2022 р. |
|--------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Виявлення нових осередків шкідників лісу                           | 540     | 1384    | 2091    |
| Виявлення нових осередків хвороб лісу                              | 25      | 88      | 1129    |
| Ліквідація заходами боротьби осередків шкідників лісу              | 852     | 1448    | 2092    |
| Ліквідація заходами боротьби осередків хвороб лісу                 | 50      | 88      | 1219    |
| Ліквідація під впливом природних факторів осередків шкідників лісу | 111     | -       | -       |
| Ліквідація під впливом природних факторів осередків хвороб лісу    | 181     | 111     | -       |

Таблиця 4

## Лісозахисні заходи боротьби, га

| Види заходів боротьби                                   | 2020 р. | 2021 р. | 2022 р. |
|---------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Захист лісів від шкідників і хвороб біологічним методом | 200     | 400     | 400     |
| Захист лісів від шкідників і хвороб хімічним методом    | -       | -       | -       |

Проведені санітарні рубки в деякій мірі сприяли покращенню санітарного стану насаджень, хоча зменшення площі деревостанів з осередками хвороб лісу є тимчасовим.

БАРАБАШ О. В., ВОЗНЮК Я. Ю., ВОЗНЮК А. Ю. (УКРАЇНА, КИЇВ)  
**ЗАСТОСУВАННЯ ERP СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ДІЄВОСТІ СИСТЕМИ  
 ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВ**

*Національний транспортний університет*

*вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, Київ, Україна, 01010*

*Abstract. The environmental management system implemented at the enterprise requires constant monitoring of environmental indicators, which are a sign of its effectiveness. The environmental management module in ERP systems provides automated monitoring of the enterprise's impact on the environment, supports sustainable environmental initiatives, risk analysis and planning of measures to adapt the enterprise to changes in legislation.*

Запорукою відповідального ставлення керівництва підприємства до стану навколишнього природного середовища є впровадження системи екологічного менеджменту (СЕМ). СЕМ поступово змінює не лише політику природокористування, але й позначаються на філософії підприємства – намірах та принципах, цілях та задачах для досягнення екологічної політики підприємства. Впровадження СЕМ є непростим і відповідальним процесом. Від чіткості етапів залежить функціональність екологічної програми, досягнення цілей та практична реалізація циклу постійного покращення Демінга. Тому, застосування таких інноваційних інструментів, як ERP системи дає змогу керівництву контролювати організаційну стратегію інтеграції виробництва і операцій, стан управління трудовими ресурсами, методи фінансового менеджменту і управління активами підприємства. ERP системи орієнтовані на безперервне балансування і оптимізацію ресурсів підприємства за допомогою спеціалізованого інтегрованого пакета прикладного програмного забезпечення. В ERP системах окремо виділено «Модуль екологічного менеджменту». Цей модуль утворюють такі блоки: «Моніторинг показників екологічного стану навколишнього середовища», «Управління відходами», «Звітування», «Аналіз ризиків», «Планування екологічних заходів». Модуль екологічного менеджменту вдало опрацьовує дані виробництва, постачання та фінансів, що сприяє кращому вивченню впливу на навколишнє середовище та ефективному керуванню екологічними аспектами підприємства робочій групі СЕМ. Інформація, яку збирає модуль, допомагає впроваджувати зміни та оптимізувати процеси для зменшення впливів на навколишнє середовище. Автоматизація процесів у ERP системах дає змогу використовувати автоматичні алгоритми та формули для збору та аналізу даних. Цей показник автоматично формує звіти на основі використаних даних, тим самим допомагає керівництву отримувати точну та оперативну інформацію щодо стану навколишнього середовища. Така автоматизація процесів екологічного менеджменту сприяє ефективному спостереженню та контролю за дієвістю СЕМ. Користувацький інтерфейс модуля екологічного менеджменту дає змогу робочій групі СЕМ легко і зручно отримувати необхідну інформацію та керувати екологічними аспектами, встановлювати цілі та виконувати необхідні дії для підтримання сталого розвитку підприємства. Модуль поєднується з різними системами моніторингу та здатен швидко видавати актуальні дані щодо стану довкілля. Взаємодія з іншими системами сприяє ефективному контролю за впливом на навколишнє середовище виробництва і сприяє покращенню екологічних показників підприємства. ERP системи для контролю дієвості СЕМ дають змогу: 1) покращувати ефективність функціонування СЕМ через оптимізацію використаних ресурсів, зменшення енергоспоживання та витрат на утилізацію відходів; 2) швидко реагувати на зміни в екологічному законодавстві та адаптуватись до його нових вимог; 3) додержуватись вимог екологічних стандартів (ISO 14001, ESC), знижуючи ризики штрафів і санкцій; 4) покращувати репутацію підприємства, забезпечуючи його конкурентоспроможність та сприяти дотримуватись відповідності вимог стандартів (ISO 14001, ESG).

Отже, модуль екологічного менеджменту в ERP-системах забезпечує автоматизований контроль за впливом підприємства на навколишнє середовище, допомагаючи контролювати показники дієвості СЕМ – оптимізацію ресурсів, управління відходами, зменшення енергоспоживання, компетентність персоналу, досягнення цілей екологічної політики.

ЛУЦАН М. М., GERMANOVICH O. M., (УКРАЇНА, ДУБЛЯНИ)

## ВТРАТИ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ В УМОВАХ ВІЙНИ: НАСЛІДКИ ТА ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького 80381, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Україна, [olgafedechko@ukr.net](mailto:olgafedechko@ukr.net)

**Abstract.** The article examines the impact of the war on the ecosystems of Ukraine and their services, which form the foundation of life on the planet. It demonstrates that the war has caused significant damage to the natural reserve fund, leading to the loss of regulatory, provisioning, and cultural ecosystem services. The importance of restoring these ecosystem services to ensure sustainable development and ecological security in the affected regions is emphasized.

Завдяки складній мережі взаємодій між живими організмами, екосистеми функціонують як природні енергетичні станції. Вони здатні приймати, розподіляти, трансформувати та накопичувати енергію, використовуючи її для забезпечення свого існування та розвитку. Функціональність екосистеми визначається її здатністю підтримувати продуктивність, стійкість та адаптивність до зовнішніх змін, що відображається у її ключових екологічних ознаках та процесах.

Війна є одним із найбільших викликів для збереження екосистем і забезпечення екосистемних послуг, які є ключовими для підтримки життя на планеті. Екосистемні послуги - це користь, яку люди отримують від природних екосистем, включаючи регулювання клімату, очищення води, збереження біорізноманіття, родючості ґрунтів та культурні послуги. Під час військових дій ці послуги зазнають значних втрат, що має тривалі екологічні, економічні та соціальні наслідки. Заповідні території, як ключові показники здоров'я екосистем, потребують особливої уваги та обов'язкового врахування при оцінці їхніх послуг. З моменту повномасштабного вторгнення, за різними даними близько 812 природоохоронних об'єктів, що займають майже мільйон гектарів, опинилися в епіцентрі бойових дій або під окупацією. Незважаючи на звільнення деяких територій, завдані збитки залишаються значними. Наприклад, у Чорнобильській зоні відчуження було знищено близько 24 тисяч гектарів лісу, а національний парк «Святі Гори» на Донеччині постраждав на 80%. Національні парки «Білобережжя Святослава» та «Нижньодніпровський» також зазнали серйозних збитків від пожеж та обстрілів, причому, останній був повністю затоплений після руйнування Каховської ГЕС.

Під час бойових дій значуща втрата екосистемних послуг виражається в наступних основних аспектах:

- *регуляторні послуги*: руйнування лісових масивів, водно-болотних угідь та інших природних територій призводить до втрати здатності екосистем здійснювати функції поглинання вуглекислого газу, регулювання температури та очищення повітря. Часті пожежі збільшують викиди парникових газів, що, в свою чергу, посилює кліматичні зміни;

- *постачальні послуги* зазнають значних втрат через забруднення ґрунтів і води вибуховими речовинами, нафтопродуктами та токсичними хімічними сполуками, що призводить до зниження продуктивності агроландшафтів, погіршення якості питної води та створення серйозної загрози для продовольчої безпеки;

- *культурні послуги*: руйнування природних територій і ландшафтів обмежує можливості для рекреації, туризму, екоосвіти та культурної ідентичності місцевих спільнот.

Основними шляхами відновлення екосистем і їх значення повинні стати *моніторинг і оцінка* з використанням сучасних технологій для оцінки екологічних збитків і визначення пріоритетних напрямів відновлення; *екологічна реабілітація* шляхом проведення заходів з очищення територій від забруднень, мінувань, відновлення ландшафтів, біорізноманіття; *міжнародна співпраця* із залученням міжнародних організацій і фондів; *освіта і просвітництво* задля обізнаності про важливість екосистемних послуг серед населення та сприяння екологічно відповідальному відновленню. Відновлення цих послуг є пріоритетним завданням для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки регіонів, що постраждали від війни.

АРТИСЮК Ю.В., GERMANOVICH O. M., (УКРАЇНА, ДУБЛЯНИ)

## ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького 80381, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Україна, olgafedechko@ukr.net*

**Abstract.** The full-scale war in Ukraine has caused significant damage to the soil, threatening the continued use of agricultural land. As a result of hostilities, the soil has suffered mechanical, physical, and chemical damage, leading to its degradation. Comprehensive soil protection measures and reclamation are necessary to restore the affected areas.

Повномасштабна війна росії проти України не обмежується руйнуваннями інфраструктури та економіки. Вона також завдає непоправної шкоди довкіллю. Одним із ключових аспектів цієї шкоди є деградація ґрунтів, які відіграють важливу роль у підтримці екосистем, забезпеченні біорізноманіття та сільськогосподарського виробництва. Тривалі бойові дії на значних територіях ставлять під сумнів можливість безпечного використання цих земель. За оцінками з різних джерел, понад п'ять мільйонів гектарів сільськогосподарських земель зазнали пошкоджень. Окрім окупованих загарбниками 18% оброблюваних земель, ще приблизно 6% земель тимчасово виведено з обігу через бойові дії. Це означає, що близько чверті всіх аграрних площ України станом на сьогодні недоступні для використання.

Внаслідок активних воєнних дій ґрунтовий покрив зазнає механічного, фізичного та хімічного впливу, що призводить до його деградації. У першу чергу до значних порушень ґрунтів призводить застосування артилерії та авіації, важкої військової техніки. Це проявляється у фізичних змінах структури ґрунту, порушенні мікрорельєфу, гідрологічного режиму і утворенні нового ґрунтового профілю, не характерного для даної місцевості. Усі пошкодження ґрунту можна розділити на дві основні категорії:

1. *Безпосередні ураження*, які виникають внаслідок прямого фізичного впливу та теплових ефектів (утворення вирв від вибухів снарядів; забруднення ґрунту залишками боєприпасів, важкими метали, нафтопродуктами; термічне пошкодження внаслідок пожеж).

2. *Віддалені наслідки*, які розвиваються з часом через відсутність належного відновлення та природні процеси. До них належать: переуцільнення ґрунту, вітрова і водна ерозія, засолення, дегуміфікація, порушення мікробіологічного балансу, а відтак і втрата родючості ґрунту.

З кожним роком війни руйнівні наслідки для ґрунтового покриття лише посилюються, створюючи складні та довготривалі проблеми для його відновлення. Оцінка завданих збитків вимагає комплексного підходу, що враховує інтенсивність бойових дій, типи забруднення та специфіку постраждалих територій. Сільськогосподарські угіддя, які зазнали ураження, неприпустимо використовувати без детального обстеження, здійснення ґрунтовідновних заходів. Важливо інформувати жителів населених пунктів у прифронтовій зоні про небезпеку обробітку землі поблизу місць розривів снарядів. Адже аматорське відновлення таких ділянок, без наукового підґрунтя, шляхом загортання вирв, може призвести до серйозних наслідків. А нехтування науковим підходом до рекультивації може не лише унеможливити відновлення родючості, але й створити екологічну катастрофу, що матиме довгострокові наслідки для здоров'я людей та довкілля.

Відновлення постраждалих територій та безпечна утилізація речовин воєнно-техногенного походження є ключовими завданнями для забезпечення їхнього сталого розвитку в майбутньому. Це вимагає розробки та впровадження комплексних програм, які включають:

- детальне обстеження ґрунту;
- розробку науково обґрунтованих планів рекультивації;
- проведення ґрунтоохоронних заходів;
- моніторинг стану ґрунту.

Тільки такий підхід дозволить мінімізувати довгострокові наслідки війни для ґрунтового покриття та забезпечити його відновлення.

МІЩУК М. Д. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ВПЛИВ ТПВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я

*Вінницький національний технічний університет*

*21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; maksym.mishchuk14@gmail.com*

**Abstract.** The work examines the impact of municipal solid waste on human health and the environment. Environmental and medical problems caused by improper waste management are highlighted, and recommendations are offered for their minimization in order to preserve the health of the population and ecosystems.

Проблема твердих побутових відходів (ТПВ) стає дедалі актуальнішою в сучасному світі, де споживання матеріальних благ невідмінно зростає. Забруднення ґрунтів [1], водних ресурсів та повітря негативно впливає на екосистеми і здоров'я людей, викликаючи різноманітні захворювання та знижуючи якість життя.

Неправильне управління цими відходами, таке як неналежна утилізація або неконтрольоване сміттєзвалище, може мати серйозні наслідки для здоров'я людей і природного середовища [2]. По-перше, неправильне управління ТПВ призводить до значного забруднення ґрунтів і водних ресурсів. По-друге, накопичення пластиків і інших неорганічних відходів у навколишньому середовищі призводить до тривалого забруднення, оскільки ці матеріали розкладаються дуже повільно. По-третє, неправильне спалювання ТПВ на несанкціонованих звалищах призводить до викидів шкідливих речовин у повітря, включаючи діоксини, фурани та важкі метали. Ці забруднювачі є небезпечними для здоров'я людей, викликаючи респіраторні захворювання, онкологічні хвороби та інші серйозні проблеми.

Для ефективного управління ТПВ необхідно впроваджувати стратегії зменшення утворення відходів, їх переробки та повторного використання [3]. Наприклад, сортування відходів [4] на етапі їх збору дозволяє збільшити обсяги переробки та зменшити кількість відходів, що потрапляють на звалища за допомогою сміттєвозів, оснащених гідроприводом. Використання сучасних технологій для переробки та утилізації відходів, таких як компостування органічних відходів [5, 6] і переробка пластиків, також сприяє зменшенню їх негативного впливу на довкілля.

Крім того, важливо підвищувати обізнаність населення щодо правильного поводження з ТПВ та необхідності їх сортування. Освітні кампанії та програми, спрямовані на зменшення використання одноразових матеріалів та популяризацію екологічно дружніх альтернатив, можуть значно знизити обсяги ТПВ.

Таким чином, правильне управління твердими побутовими відходами є ключовим елементом у захисті довкілля та здоров'я людей.

### Література

1. Березюк О. В. Моделювання питомих енерговитрат очищення ґрунтів полігонів твердих побутових відходів від забруднення важкими металами // Комунальне господарство міст. 2015. № 1 (120). С. 240-242.
2. Березюк О. В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза // Промислова гідраліка і пневматика. 2011. № 34 (4). С. 80-83.
3. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на частку диференційовано зібраних твердих побутових відходів // Вісник ВПІ. 2011. № 5. С. 154-156.
4. Березюк О. В. Дослідження кінематики пристрою для сортування твердих побутових відходів // Вісник НТУ "ХПІ". 2010. № 65. С. 49-55.
5. Березюк О. В., Березюк Л. Л. Моделювання поширеності компостування як методу поводження з твердими побутовими відходами // Вісник ВПІ. 2016. № 1. С. 33-38.
6. Березюк О. В., Березюк Л. Л. Порівняння динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час компостування // Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку: Матер. V Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. студ., аспір. та молод. вчених, м. Ірпінь, 10-20.11.2015 р. 2015. С. 218-220.

ЗАВИТІЙ І.Є., МАЛЬОВАНІЙ М.С.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; ivan.zavytii.meoes.2024@lpnu.ua*

**Abstract.** The article provides information on the impact of military operations on the soil cover and considers possible ways of its restoration after the end of military operations. An analysis of the main impacts on the soil cover is provided. Innovative technologies for soil restoration are classified.

Воєнні конфлікти спричиняють значний негативний вплив на ґрунтовий покрив через фізичне, хімічне та біологічне порушення його структури. Інтенсивні механічні навантаження, детонація вибухових речовин, потрапляння токсичних сполук та порушення природного рослинного покриву спричиняють деградаційні процеси, які можуть мати довготривалі екологічні наслідки.

Вибухи артилерійських снарядів, авіаційних бомб та мін утворюють воронки, які порушують профіль ґрунту, сприяють його ущільненню та ерозії. Ущільнення ґрунту важкою військовою технікою призводить до зниження його водопроникності, що збільшує ризик заболочення або, навпаки, посилює поверхневий стік та сприяє ерозійним процесам.

Під час воєнних дій у ґрунтового середовища потрапляють численні токсичні речовини:

- Важкі метали (Pb, Cd, Hg, As, Cr) – залишки боєприпасів, бронетехніки та вибухових пристроїв.
- Вибухові сполуки (тротил, гексоген, октоген) – токсичні речовини, які мають довготривалий вплив на хімічний склад ґрунту.
- Нафтопродукти – внаслідок згорання пального, підризу паливних складів та пошкодження трубопроводів.
- Фосфорні та касетні боєприпаси – змінюють кислотно-лужний баланс ґрунту, спричиняючи його окислення або засолення.

Руйнування рослинного покриву призводить до зменшення вмісту гумусу, зміни складу мікрофлори ґрунту та зниження його біологічної активності. Знищення кореневих систем рослин сприяє вітровій і водній ерозії, що в майбутньому може унеможливити природне відновлення екосистем.

Рекультивация ґрунтів після воєнних дій є складним і дорогим процесом, що включає механічне розрихлення ущільнених територій, нейтралізацію токсичних речовин, біоремедіацію та лісонасадження. Без системного підходу до відновлення пошкоджених територій існує ризик довготривалого забруднення та втрати родючості ґрунтів на десятки років.

Для відновлення ґрунтів, пошкоджених унаслідок військових дій, необхідне застосування комплексних підходів:

- Розмінування території.
- Оцифрування ділянок за допомогою супутникового/БПЛА/наземного моніторингу з прив'язкою до системи координат.
- Видалення із вказаних об'єктів «неґрунтової» природи: дерев'яні, металічні та інші.
- Механічне відновлення: вирівнювання поверхні, глибоке розрихлення ущільнених ділянок, усунення воронок та траншей. Важливо зауважити, що порядок шарів ґрунту має бути близьким до непошкоджених ділянок, а верхній шар (20-30 см) – найбільш родючим. Якщо засипати в хаотичному порядку, то така ділянка буде низькопродуктивною для сільськогосподарських культур, а її відновлення потребуватиме додаткових заходів із- за внесенням підвищених кількостей органічних добрив, меліорантів, фітомеліорації та ін.
- Фізико-хімічна детоксикація: використання сорбентів (активоване вугілля, цеоліти) для зв'язування важких металів і токсичних сполук.
- Біологічна ремедіація: використання біодеградуючих мікроорганізмів для розкладання нафтових продуктів та вибухових речовин.
- Фіторемедіація: висаджування рослин-гіперакумуляторів (соняшник, гірчиця, тополя) для абсорбції токсичних речовин.
- Відновлення родючості: внесення органічних добрив, сидератів, мікоризних грибів для стимуляції мікробіологічної активності ґрунту.

IVANITSKA Y., IEVSTAFIEVA I. (UKRAINE, KAMIANETS-PODILSKYI)

## WAYS TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACT OF LIVESTOCK WASTE ON THE ENVIRONMENT

*Higher education institution «Podillia State University», 32300, Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Ukraine; pp.nika22@ukr.net*

**Abstract.** *With the increase in population, agriculture emerged. It is now becoming obvious that previously implemented measures to use and protect natural resources are clearly insufficient and cannot solve the environmental problem, including in the agricultural sector. The negative impact of large livestock farms and complexes can be reduced by implementing measures: correctly placing premises in relation to settlements, having sufficient agricultural area for using manure, maintaining reasonable livestock load standards per 1 ha, and using green spaces.*

Since the beginning of human history, humans have been primarily hunters and gatherers of fruits and plants. As human populations grew to or above the carrying capacity of natural ecosystems, they gradually began to employ purposeful methods to provide sufficient food for humans, i.e., agriculture emerged.

It is now becoming obvious that previously implemented measures to use and protect natural resources are clearly insufficient and cannot solve the environmental problem, including in the agricultural sector. Ukraine has turned out to be a country in which people are forced to live in conditions where the level of pollution of air, water, and almost everything that grows there exceeds the maximum permissible standards not only for humans, but also for animals by tens, and sometimes hundreds or thousands of times.

Environmental problems in animal husbandry are inextricably linked to those in agriculture and crop production, and in solving them, the primary role should be played by ensuring environmentally safe soil fertility. Unfortunately, two main problems in this regard: soil pollution and erosion, which leads to a decrease in the yield of fodder crops and, as a result, the level of animal feeding – negatively affect livestock farming.

Further intensification of livestock farming requires proper use of waste, which can accumulate in large quantities, especially in large livestock complexes where litterless livestock is used, although these are currently rare.

Therefore, manure waste must be disposed of. A number of technological schemes provide for the division of liquid manure into liquid and solid fractions. The solid fraction is collected and, after quarantine, taken to the fields for plowing. The liquid part is taken to storage tanks, also directly to the fields for irrigation of crops, but in such quantities that excess nitrates do not accumulate in the plants.

The negative impact of large livestock farms and complexes can be significantly reduced or eliminated altogether by implementing measures that include correctly placing premises in relation to settlements, having sufficient agricultural area for using manure, maintaining reasonable livestock load standards per 1 ha, and using green spaces.

Also, everyone knows the negative impact of livestock farming on agricultural landscapes, during grazing, either directly or indirectly – as a result of fodder harvesting, which uses biomass produced by agrobiocenoses. Low productivity of meadows is the result of their irrational use and non-compliance with agrotechnical methods of their improvement.

Excessive grazing of animals and failure to observe the timing of haymaking are especially harmful, since in this case, forbs fall out of the grass stands, low-nutrient cereals begin to prevail, which reduces the value of meadows. The basis of environmental protection work here is compliance with ecological scientifically based measures for their use, which should prevent a decrease in productivity and degradation of meadows and pastures.

The use of agricultural practices such as root and surface improvement and proper use of meadows is of great importance for the preservation of forbs and increasing pasture productivity. The creation of new protected areas is also an important environmental protection measure.

NAUMOVYCH S., IEVSTAFIEVA I. (UKRAINE, KAMIANETS-PODILSKYI)

## **ON THE ISSUE OF THE NEGATIVE IMPACT OF LIVESTOCK FARM WASTE ON THE ENVIRONMENT**

*Higher education institution «Podillia State University», 32300, Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Ukraine; pp.nika22@ukr.net*

**Abstract.** *Today, the problem of environmental pollution by livestock farms is particularly acute. The main factors of their impact on the environment include: overgrazing of pastures, unprocessed waste from livestock farms, complexes and poultry farms, pollution of surface waters and degradation of aquatic ecosystems during eutrophication, pollution of groundwater, deforestation, disruption of the water regime during drainage and irrigation in large areas, desertification due to complex disturbance of soils and vegetation cover, destruction of natural habitats of many species of animals and organisms and as a consequence the extinction and disappearance of rare and other species.*

It should be noted that today, about 51% of greenhouse gases are produced by livestock farming, it consumes about 1/3 of the planet's fresh water, occupies about 45% of the Earth's land, and is responsible for up to 91% of the destruction of the Amazon. Livestock farming is one of the leading causes of species extinction, the formation of ocean dead zones, and the destruction of animal habitats. Major problems are caused by the improper accumulation of huge amounts of manure from livestock farms and complexes, and droppings from poultry farms.

The problem of environmental pollution by livestock farms is particularly acute when liquid manure effluents are used as organic fertilizers without prior neutralization, since the survival time of pathogenic microflora and helminth eggs increases in liquid manure. So, roundworm eggs can be stored for up to 15 months, and if they get into the soil, they can be stored for up to 2 years. And when manure is stored in a pile, they die within 4 months. Liquid manure can also become a source of environmental pollution if it is improperly applied to the fields.

Researchers prove that the doses of liquid manure applied to fields should not exceed 100 m<sup>3</sup>/ha. With systematic (over 10 years) application of 160 m<sup>3</sup>/ha to the same fields, the nitrogen content in the soil significantly increases (total amount up to 59,3 mg/l, nitrates – 52,6, ammonia – 6,7 mg/l). In such fields, growing fodder crops leads to excessive nitrate content in them, which will lead to poisoning of animals or to an increase in the content of these same nitrates in products from animals fed such feed.

In surface and groundwater located near livestock farms and complexes, poultry farms, the presence of nitrates and salts of other harmful elements, as well as high contamination with pathogenic bacteria, is observed. In the summer and spring periods, the index of contamination with *E. coli* often exceeds the permissible norms by 5-6 times. High contamination with *E. coli* is especially observed in water sources located near and on the territory of livestock complexes.

To protect settlements, water sources and the environment from harmful emissions from livestock farms, it is necessary to have a sanitary protection zone. Around livestock farms, buildings, feed shops, water intake points, manure disposal, veterinary facilities, it is necessary to plant green spaces. For this purpose, it is better to use trees: small-leaved linden, ash-leaf maple, and from shrubs – elderberry and lilac. When landscaping the territories of livestock complexes, it is necessary to take into account the development plan and the direction of the prevailing winds. It is advisable to plant from 3 to 10 rows of trees and shrubs on the north side, 2-3 rows that are blown by the wind on the south side, and 3-5 rows of trees and shrubs on the west and east sides. The total area of landscaping should be at least 10% of the entire area of livestock complexes. To ensure the maximum reduction in the amount of harmful waste emissions into the environment, livestock complexes should be designed and built according to the principle of «all taken – all free».

One of the main reasons for the great harm to the environment from livestock farms and complexes, as well as poultry farms, is the ineffective operation of treatment facilities. More than 45 types of pollutants are released into the environment from livestock farms and complexes, poultry farms.

TAREKEGN T., ROUBIK H., (CZECH REPUBLIC, PRAGUE)

## **MICROORGANISMS IN ANAEROBIC DIGESTION AS AN ANCHOR FOR THE CIRCULAR ECONOMY IN ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT - A MINI-SYSTEMATIC REVIEW**

*Czech University of Life Sciences  
Kamycka 129, Suchdol, Prague, Czech Republic; tarekegn@ftz.czu.cz*

**Abstract.** Background: Biogas technology is an effective, environmentally friendly, prominent, renewable energy-producing, and sustainable development ensuring method that manages all kinds of organic waste. The process ensures environmental sustainability and follows the principles of circular economy in producing reliable renewable and green energy that is currently in demand to secure and accelerate the transition from nonrenewable to renewable energy. The study explores the role and significant impact of tiny microscopic organisms in achieving an enormously important current global development path, sustainable development through the process of anaerobic digestion (AD) that produces biogas and organic fertilizer (digestate).

Methods: This mini-systematic review is conducted using a Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 diagram and checklist on solely peer-reviewed open-source research articles written in English from the Web of Science in the time frame of 2010 - 2023. The initial search using the selected keywords and the search strategy resulted in 127 articles, and after all refinements by using the inclusion-exclusion criteria, 16 qualified studies were analyzed.

Results: The results show that only one (6.25%) study explored the contribution of microorganisms to the larger picture of the closed-loop economy that contributes to sustainable development. Throughout the reviewed studies, taxonomical classifications were dominated by the gene type bacteria, followed by archaea and very few Eukaryota. They have complex structures, differences in functions, and synergy for different substrates, which shows their capacity to respond to change. Their abundance is mostly constant, which has a direct relationship with the production of biogas and the stability of the process with a favorable and determining effect of temperature. The findings indicated that studies on methodological precision stress the effectiveness of all the DNA extraction methods, with a notable variation in the founded DNA. Low-strength ultrasound granulated activated carbon (GAC) and direct interspecies electron transfer (DIET) are specific conditions in the AD process that were reported to have a positive effect on biogas production.

Conclusions: The study implies that even if it is agreed that these naturally existing microorganisms are the heartbeat of biogas technology, only a few studies have been done, and little is known about how they contribute to ensuring sustainable energy and development. As a result of these investigations, it is suggested that future studies need to be done on how to manipulate all the circumstances of microorganisms' role in maximizing the production of biogas and the use of state-of-the-art technology to increase the accuracy of the results.

**Keywords.** microbe, anaerobic fermentation, biodegradable waste, circular bioeconomy, and sustainable energy.

LEVYTSKYI B., BUCHKOVSKA V. (Ukraine, Kamianets-Podilskyi)

## **MODERN ECOLOGICAL PROBLEMS OF LIVESTOCK PRODUCTION**

*Higher education institution «Podillia State University», 32300, Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Ukraine; vbutschk@ukr.net*

**Abstract.** *Animal husbandry and crop production, in fact, create their products by using such elements of nature as land, water, air, etc. Therefore, agriculture must be considered, on the one hand, as a huge consumer of natural resources, and on the other hand, as a creator of its elements, since the plant and animal world are elements of nature.*

With the development of the application of scientific and technological progress in agricultural production, agriculture began to take more from nature, and in return to throw into it a huge amount of waste generated as a result of its activities. Therefore, the problems of environmental protection in agricultural production, especially in industrial livestock farming, have become relevant.

Livestock and poultry farming have become increasingly polluting the environment with manure, droppings, greenhouse gases, and other waste. These pollutants reduce soil fertility and productivity, worsen water and air quality, and result in lower agricultural production and poorer quality.

The agro-industrial complex in modern conditions continues to be the main polluter of land and other elements of the environment. Waste and wastewater from livestock farms and complexes, poultry farms, the processing industry, the widespread use of pesticides and toxic chemicals - on the one hand, and the weakening of production and technological discipline due to the dispersion on large areas of agricultural facilities, the difficulties of implementing control – on the other hand, create a situation where the land and the entire environment in rural areas remain in poor condition.

A number of territories have signs of zones of emergency ecological situation or ecological disaster. The development of livestock farming on an industrial basis is accompanied by the creation of a solid fodder base and the expansion of pastures. At the same time, there is a large concentration of livestock in a limited area, and this leads to soil compaction, as a result of which air exchange decreases, which worsens the living conditions of microorganisms. At high humidity and density, the biological activity of the soil and the process of nitrogen fixation are reduced, and conditions for partial anaerobiosis are created. It has been determined that the greatest biological activity of the soil is observed at a density of 1,2-1,4 g/cm<sup>3</sup>. Increased soil density negatively affects the vital activity of earthworms, negatively affects the number of microorganisms and the activity of their enzymes. All this is due to the fact that due to high density, soil aeration decreases and toxic compounds accumulate there.

The industrial form of livestock farming requires the use of a large amount of water from rivers, lakes and other water bodies, which has a significant impact on the condition of these water bodies and the environment as a whole. Industrial livestock farming is a large consumer of water, as 5 m<sup>3</sup> of water will be needed to produce 1 m<sup>3</sup> of milk, 20 thousand m<sup>3</sup> – for 1 ton of meat. Also, sanitary and hygienic conditions on farms are mainly maintained with the help of water. With the increase in water consumption for livestock needs, the discharge of manure-containing wastewater into water bodies also increases, which leads to their pollution and loss of beneficial properties. Even the discharge of small doses of manure-containing wastewater from livestock farms and complexes into water bodies causes mass fish kills and causes significant economic and environmental damage. Therefore, the continuous growth of agricultural production, on the one hand, leads to increased consumption of natural resources, and on the other hand, large quantities of waste and wastewater are generated from livestock farms and complexes, poultry farms, and other agricultural facilities.

The total volume of livestock waste in large countries is measured in billions of tons. About 200 tons of manure accumulates daily on a feedlot where 10 thousand heads of cattle are kept. The same amount of environmental pollution can be caused by one pig complex for 100 thousand heads or a cattle complex for 35 thousand heads, and a large industrial center with a population of 400-500 thousand people.

SAVCHENKO A., BUCHKOVSKA V. (Ukraine, Kamianets-Podilskyi)

## ECOLOGICAL PROBLEMS OF LARGE LIVESTOCK COMPLEXES AND WAYS TO SOLUTION THEM

Higher education institution «Podillia State University», 32300, Shevchenko, 12, Kamianets-Podilskyi, Ukraine; vbutschk@ukr.net

**Abstract.** *The construction of livestock farms, where many animals (pigs, birds, cattle) are kept, creates serious environmental problems around them. Since quite a lot of livestock complexes have been built in many countries and their negative features are already widely known, various measures have recently been taken to reduce their impact on nature. This is the active use of biological methods for cleaning and disposing of sewage sludge: biochemical oxidation of organic matter and destruction of pathogenic microorganisms with activated sludge or film.*

The construction of livestock farms that house many animals (pigs, birds, cattle) creates serious environmental problems around them.

Planning to raise many farm animals concentrated on small areas, without sufficient experience and scientifically based ecological forecasts regarding the nature of the functioning of such man-made ecosystems, the organizers of the complexes were unable to foresee a number of negative consequences. The first of them is intensive pollution of the natural environment (especially in areas of pig farms and poultry farms) with decomposition and rotting products of a huge amount of excrement (up to 2,5 thousand m<sup>3</sup> per day), harmful gases (ammonia, nitrogen, hydrogen sulfide), and organic acids. This is largely due to the method of cleaning premises by hydro-washing and the accumulation of dirt in huge sumps, ditches, and storage tanks that are not isolated from the environment. The result is a stench for many kilometers around and contaminated groundwater, rivers, ponds, and lakes.

The second negative consequence is the frequent cases of mass death of animals (in huge quantities) due to diseases. After the death of a large number of animals, the problem of their burial arises. And if the animals did not die out en masse, then they were massively ill with dangerous diseases, their meat, of course, could not be sold. Problems also arise with the consumption of large amounts of water, which is necessary for livestock complexes.

Since many countries have built quite a lot of livestock complexes and their negative features are already widely known, various measures have recently been taken to reduce their impact on nature. This is primarily the active use of biological methods of purification and utilization of manure effluents: biochemical oxidation of organic substances and destruction of pathogenic microorganisms with activated sludge or film. The spent and dead film is washed away with water and carried out of biofilters, where oxidation or inactivation occurs. These same processes can occur in aeration tanks, biological ponds, irrigation fields and filtration (depending on the toxicity of the pollutants and the characteristics of the landscape).

Biological filters are metal or reinforced concrete containers filled with filtering material – slag, gravel, expanded clay, crushed stone, plastic or other porous substances. The best filtering material is the natural mineral zeolite. Aerotanks are large concrete or reinforced concrete tanks through which a mixture of activated sludge and previously settled wastewater from farms is slowly passed, with the liquid being aerated all the time – blown through with air.

Biological ponds are oxidative (aerobic) or regenerative (anaerobic) open tanks with an insulated bottom, in which wastewater is neutralized using microalgae, which can alkalize the environment to a pH of 9-10, at which pathogenic microflora dies. One of the most effective methods of utilizing livestock waste is to produce biogas from it. Another way of utilizing manure is to obtain protein substances and biohumus from it.

There is experience in the hydrolysis of manure with sulfuric acid and the cultivation of feed yeast (Czech Republic and Slovakia), the processing of manure with fungi, bacteria, and the cultivation of microalgae.

Manure is also recycled using the larvae of synanthropic (house) flies. Pig manure, after being processed by the larvae, becomes a very valuable organic fertilizer. Manure is also recycled using earthworms.

СМОЛЯР Н.О., ЛЕВИЦЬКА А.С. (УКРАЇНА, ПОЛТАВА)  
**НОВЕ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ *PULSATILLA PRATENSIS***  
**НА КІРОВОГРАДЩИНІ (УКРАЇНА)**

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
 36011, проспект Віталія Грицаєнка, 24, Полтава, Україна; kanc@nupr.edu.ua

**Abstract.** This article reports on the new location of *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. in the Kirovohrad region. The location is characterized and some ecological characteristics of the cenopopulation of the rare sozophyte are described. The main ecological threats to the identified habitat and *Pulsatilla pratensis* within it are indicated, and the methods of its conservation are also outlined.

*Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. s.l. – це рідкісний європейський степовий вид, який поширений у Центральній та Східній Європі. В Україні він поширений у Прикарпатті, Поліссі, Лісостепу та Степу (крім Криму). У степовій зоні відомий із більшості областей.

На сьогодні *P. pratensis* є зникаючим видом через скорочення чисельності популяцій. Основними причинами є знищення рослин ботанічними браконь'єрами та порушення біотопів.

*P. pratensis* є багаторічною трав'янистою рослиною з роду *Pulsatilla* родини *Ranunculaceae* заввишки 10-30 см. Має кореневище та прикореневі листки. Квітконосне стебло вкрите зеленими, пальчасто-роздільними листками, з'єднаними біля основи. Квітка повисла, темно-фіолетова, дзвоникоподібна. Листки з'являються до цвітіння. Вони тричіп'ярко-роздільні, з лінійними загостреними частками. Цвітіння відбувається в квітні-травні. Вид є типовим степантом і ксерофітом, що добре витримує тривалу посуху.

Зважаючи на созологічну та природоохоронну цінність виду, кожне місцезнаходження *P. pratensis* потребує вивчення, збереження та охорони.

Нами навесні 2024 року було виявлено нове місцезнаходження *P. pratensis*, яке знаходиться на території Кіровоградської області практично по межі з Полтавщиною на правому березі річки Дніпро між селами Новоселівка Полтавської області та Вільне – Кіровоградської. По цій ділянці проходить лінія електропередач, а південніше від цієї території розташована залізнична колія «Кременчук – Світловодськ» (найближча зупинка «Павлівка»). Ділянка є схилистою, зайнята трав'янистою лучно-степовою рослинністю. На момент досліджень особини *P. pratensis* рясно квітували, але літні пагони ще не сформувались. Рослини були в доброму життєвому стані, не пошкоджені. За підрахунками було встановлено, що щільність популяцій на 1м<sup>2</sup> складала в середньому 15 особин.

У виявленому місцезнаходженні *P. pratensis* виступає асектатором в угрупованні з домінуванням *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Poa angustifolia* L., *Elytrigia repens* L. В цьому лучно-степовому фітоценозі флористичне ядро утворюють типові ксеро- та мезоксерофіти: *Medicago romanica* Prod., *Vicia villosa* Roth., *Achillea submillefolium* Klokov & Zoz, *Cichorium intybus* L., *Nonea pulla* (L.) DC., *Verbascum phoeniceum* L., *Thymus marschallianus* Will., *Fragaria viridis* Weston, *Veronica chamaedris* L., *V. austriaca* L., *Stellaria graminea* L. та ін. На час досліджень було виявлено залишки синузії *Draba verna* L.

За літературними джерелами встановлено, що на території Кіровоградської області відомі місцезнаходження *P. pratensis* забезпечені охороною в ряді об'єктів природно-заповідного фонду, серед яких – ботанічний заказник загальнодержавного значення «Власівська балка» та регіональний ландшафтний парк «Світловодський». Найближче до виявленого місцезнаходження з Полтавщини розташоване заповідне урочище «Келебердянське» у Кременчуцькому районі.

Враховуючи актуальність збереження виявленого місцезнаходження, розглядаємо доцільність забезпечення його охороною шляхом створення ландшафтного заказника місцевого значення. Для цього територія досліджується в моніторинговому режимі.

ГАЛЬЧЕНКО З.С., МЕДВЕДЄВА О.О. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

## ЕНЕРГІЯ ВІТРУ І МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНАХ

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України  
49005, вул. Сімферопольська, 2-а, Дніпро, Україна; igtmanu@ukr.net*

**Abstract.** The article considers wind energy as a source of electricity generation in mining regions. The aerological and energy characteristics of the wind, which are necessary for choosing the location and model of a wind turbine, are described. The advantages of using vertical wind turbines for mining regions are considered. The basic characteristics of the model of a wind turbine with a magnetic bearing are given.

Обмеженість природних запасів палива для традиційної енергетики та практично щорічне підвищення тарифів на електроенергію, а також негативний вплив на навколишнє середовище традиційних джерел енергії дають великі можливості і перспективи для застосування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ): сонце, вітер, біомаса тощо.

Для гірничодобувних регіонів, зокрема Кривбасу, застосування ВДЕ сьогодні є дуже доцільним. Це дасть змогу отримати енергетичну незалежність деяких процесів, а також знизить екологічне навантаження на регіон. Одним з перспективних ВДЕ, для впровадження в гірничодобувних регіонах є вітроенергетичні установки (ВЕУ). Для підвищення ефективності їх впровадження необхідно знати основні характеристики вітру. Для опису вітру як джерела енергії використовується сукупність аерологічних та енергетичних характеристик вітру: середньорічна швидкість вітру; річний і добовий хід вітру; повторюваність швидкостей вітру; максимальна швидкість вітру; питома потужність і питома енергія вітру; вітроенергетичні ресурси району. Існують два основних види ВЕУ: з горизонтальною і вертикальною віссю обертання. Горизонтальні ВЕУ застосовують для регіонів з великими швидкостями вітру від 7 до 15 м/с, що притаманне для прибережних і гірських регіонів. Для гірничодобувних регіонів Кривбасу притаманні менші швидкості вітру 3-5 м/с, що не дає змоги застосовувати великі горизонтальні ВЕУ. В даному випадку доцільно використовувати менші вертикальні ВЕУ. Основною перевагою застосування вертикальних ВЕУ є низька стартова швидкість ВЕУ, вони починають виробляти енергію вже при швидкості 0,5 м/с. Вертикальні ВЕУ стабільно працюють при перепаді температур, їм не страшні снігопади, штормові вітри, зледеніння. Вертикальні ВЕУ практично безшумні, безпечні для тварин і не призводять шкідливий інфразвук.

Авторами проводився розрахунок вітроенергетичного потенціалу для вертикальних і горизонтальних ВЕУ в умовах м. Кривий Ріг. Цей розрахунок показав, що для умов Кривого Рогу більш ефективним є застосування вертикальних ВЕУ, причому доведено, що їх ефективність стрімко зростає з висотою, а вироблення електроенергії починається на більш низьких швидкостях вітру.

Важливим є вибір моделі вертикального ВЕУ. Перспективним є вертикальний ВЕУ на магнітній подушці (типу MAGLEV), де використовується магнітний підшипник, завдяки якому ротор генератора зависає у повітрі. Для виготовлення подібного ВЕУ використовуються лише якісні матеріали: алюміній, титан, нержавіюча сталь, додаткова обробка хромом. Всі ці матеріали відповідають світовим вимогам RoHS, ELV. Це дозволяє використовувати агрегат в різних умовах при впливі агресивного середовища. Вертикальні ВЕУ мають змогу працювати в нормальному режимі при температурі від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , тобто практично в будь-якому місці, де є вітер.

Основна перевага ВЕУ полягає в тому, що їхнє виробництво електроенергії не забруднює повітря, воду чи ґрунт і не створює небезпечних відходів, як це відбувається при видобутку та транспортуванні корисних копалин у гірничодобувних регіонах. Вітрова енергія не виснажує природні ресурси і не спричиняє екологічного забруднення. Крім того, перспективним напрямом є використання техногенно порушених земель у гірничодобувних регіонах для розміщення ВЕУ, що сприятиме їх залученню до господарської діяльності.

МАРІЙН Д.В., САКАЛОВА Г.В., НЕГОДА К.К. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## **ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У БІОЕНЕРГЕТИЦІ**

*Вінницький національний технічний університет, 21002, Хмельницьке шосе, 95,  
Вінниця, Україна.*

**Abstract.** The problem of recycling of firm household waste which represent serious danger to an environment and health of people is characterized. The rational way of processing of waste by use of a bioreactor is offered.

Зважаючи на те, що в Україні 92 % побутових відходів потрапляють на звалища, більшість органічних відходів безповоротно втрачаються. Органічні компоненти (особливо харчових відходів) з високою вологістю швидко загнивають і біологічно розкладаються, вони є джерелом антисанітарії та екологічного забруднення оточуючого природного середовища. Дані відходи створюють санітарно-гігієнічну та епідеміологічну небезпеку, а також утворення шкідливих газів, які мають неприємний запах і підсилюють парниковий ефект, є вибухо- і пожежонебезпечними. За розрахунками науковців, кожна тонна побутових відходів виділяє від 120 м<sup>3</sup> до 200 м<sup>3</sup> біогазу, він є продуктом біологічного розкладання відходів на звалищах і містить переважно метан (CH<sub>4</sub>) та вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), із незначними кількостями неметанових органічних сполук, які включають забруднювачі повітря та леткі органічні сполуки.

Утворення біогазу та поширення його емісій за межі полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) є не лише проблемою для прилеглих територій та здоров'я населення, але також має суттєвий вплив на глобальний клімат у зв'язку з розповсюдженням метану, що є основною складовою біогазу. Вивчено, що емісія метану має найбільший вплив на кліматичні зміни в порівнянні з іншими парниковими газами. Присутність метану в біогазі привертає увагу інвесторів до проектів дегазації полігонів, оскільки утилізація метану відкриває можливість виробництва тепла та електричної енергії. У низці країн (США, Швеція та ін.) експлуатують спеціальні полігони (landfills), ізолювані від зовнішнього середовища полімерними плівками та такі, що являють собою безпечні біореактори, які виробляють біогаз у природних умовах.

Більш простішим технологічно та перспективнішим з точки зору енергозбереження та охорони довкілля є комплексна переробка відходів методом метанового бродіння в біогазових установках (БГУ). Метаногенез - найбільш раціональний спосіб використання енергії відходів. Процес можливо проводити в біогазових установках різної потужності та конструкції. Органічна речовина відходів за певних параметрів середовища (температура, кислотність, анаеробні умови) піддається метановому зброджуванню за участю різних груп мікроорганізмів. Процес може відбуватись в інтервалі температур 8 - 60 °С, оптимальними ж є температури 25-40°С для ефективної метанізації комунальних біовідходів. Максимальний вихід біогазу спостерігається при розкладанні органічної складової відходів на 30-33 %.

Обмеженням використання даного напрямку енергозбереження може бути тільки склад відходів: метаногенезу піддається органічна речовина відходів; варто також врахувати час зберігання таких відходів.

Частину відходів, що утворюються в комунальному господарстві м. Вінниця, може бути використано для отримання біогазу, враховуючи широке впровадження ефективного сортування відходів та налагоджене швидке транспортування таких відходів до станцій БГК. Однак, як показали проведені експерименти, при потенційному можливому перетворенні комунальних твердих біовідходів до 80% CH<sub>4</sub>, максимальний вміст метану в біогазі при їх біохімічному розкладі становить практично 35–37%, що, очевидно обумовлено показником їх вологості, кислотності, співвідношенням Карбону : Нітрогену, іншими, мало вивченими факторами. Більш обіцяючими є результати сумісного метанового зброджування твердих побутових біовідходів з осадами стічних вод (ОСВ) комунальних стоків та твердих відходів промислових підприємств, за морфологічним складом схожих до побутових біовідходів.

Більш детальні дослідження особливостей процесу метанового бродіння запропонованої сировини дозволить оптимізувати цей процес, що, у свою чергу, відкриває широкі можливості її використання у створенні екологічно чистих, відновлюваних джерел енергії.

БОЙКО Р.С., САКАЛОВА Г.В., КАЗНОВСЬКА В.С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ЕФЕКТИВНА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ ВОДООЧИСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Вінницький національний технічний університет, 21002, Хмельницьке шосе, 95,  
Вінниця, Україна.*

**Abstract.** Studies have been conducted to use spent bentonite in filling processes. The efficiency of modification of montmorillonite has been proved and the expediency of using mineral dispersion for qualitative formation of the structure and properties of the leather during tanning has been established.

З метою попередження забруднення навколишнього середовища стічними водами промислових підприємств найбільш перспективним способом їх очищення є сорбційна технологія, яка широко застосовується у різних країнах. Аналіз останніх публікацій показав, що важливим напрямком наукових досліджень на сьогоднішній день також є визначення ефективних способів регенерації та шляхів утилізації сорбентів, які попередньо були використані в якості сорбентів при очищенні стічних вод. Адже утилізація сорбційних матеріалів допомагає не тільки зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище, але і вдосконалити технології створення альтернативних матеріалів внаслідок застосування високоякісного глинистого матеріалу. Сьогодні відпрацьовані високодисперсні мінерали широко використовуються в багатьох галузях народного господарства, в тому числі і для виробництва різноманітних товарів широкого вжитку. Але обмеженість наукових досліджень зумовлює низький рівень використання відпрацьованих глинистих сорбентів у процесах наповнення природних та штучних полімерів. В основі їх застосування лежать специфічні колоїдно-хімічні властивості, які зумовлені кристалічною будовою мінералів.

Досліджена можливість використання бентоніту, насиченого іонами хрому на стадії очищення стічних вод, у складі наповнювача хромового напівфабрикату або на етапі оздоблення штучної шкіри.

Результати відповідних досліджень вказують, що кращий рівень диспергування досягається при використанні карбонату натрію, однак при використанні гексаметафосфату натрію також можливо досягти достатнього ступеня набухання. Характер залежностей для модифікованого і відпрацьованого бентоніту дуже схожий.

Результати реологічних досліджень вказують, що найвищу в'язкість дисперсій досягають за витрат карбонату натрію 5,5-7% і при цьому визначають максимальну ступінь диспергування системи як з відпрацьованим бентонітом, так і у випадку його попереднього модифікування. Також визначали в'язкість дисперсій з різним ступенем насичення іонами хрому. В цілому, аналіз таких залежностей свідчить про отримання максимально розріджених дисперсій відпрацьованого і природного бентоніту при вмісті в них сполук хрому 5–6 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  від маси монтморилоніту. При цьому дисперсії характеризуються стабільним рівнем рН в межах 3–4 при відповідних витратах сполук хрому.

Стійкість адсорбції дисперсій оцінювали шляхом їх відстоювання впродовж 30 хвили за різних значень рН, які коригували шляхом змішування відповідних кількостей розчинів  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaOH}$ . Отримані результати свідчать, що дисперсії на основі відпрацьованого бентоніту проявляють високу стійкість в широких межах рН. Спостерігається певний рівень розшарування при рН 2,5 та при рН 12. Таким чином, можливо рекомендувати використання дисперсій на основі відпрацьованого бентоніту у рідинних процесах, що відбуваються у кислому (рН=3) і слабкокислому (рН=4,5÷5,6) середовищах.

Суміщення використання для дублення сполук хрому та хромовмісних дисперсій монтморилоніту дозволить знизити витрати хромового дубителя, покращити ступінь поглинання сполук хрому і зменшити їх концентрацію у відпрацьованих дубильних рідинах у виробництві натуральних шкір. Композицію визначеного складу також можливо використовувати для наповнення синтетичних еластичних полімерів та шкірозамінників.

ЗАЛЕВСЬКА І. В. (УКРАЇНА, СУМИ)

## ВПЛИВ ЗОЛОШЛАКОНАКОПИЧУВАЧА СУМСЬКОЇ ТЕЦ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

*Сумський державний університет  
40007, вул. Харківська, 116, Суми, Україна; info@sumdu.edu.ua*

**Abstract.** Thermal power plants are key components of energy infrastructure; however, their operation generates significant amounts of coal combustion waste. Annually, around 30 million tons of such waste accumulate in Ukraine, posing substantial environmental risks due to the potential release of heavy metals and toxic compounds into the environment. The Sumy Combined Heat and Power Plant produces approximately 8,000 tons of coal combustion waste per heating season, which may contaminate soil, surface and groundwater, as well as the air. The study of the toxicological impact of the Sumy CHPP ash and slag storage site enables an assessment of environmental and public health risks and helps identify optimal approaches for the safe utilization of these wastes. A comprehensive approach, including chemical composition assessment, toxicological analysis, and the development of processing technologies, will contribute to reducing environmental burdens and promoting the rational use of resources.

Теплоелектростанції є ключовими об'єктами виробництва енергії. У процесі їх роботи утворюється значна кількість відходів. Усі тверді палива (у тому числі вугілля) мають у своєму складі мінеральну масу, що утворює золу та шлак після спалювання. Відходи складаються в золошлаконакопичувачах, які є спорудами з обмеженою територією огорожувальною дамбою і рельєфом місцевості. Щороку в Україні накопичується близько 30 млн. т. золошлакових відходів, а у світі 700 млн. т., що становить серйозну екологічну проблему. Золошлакові відходи є широко розповсюдженими та майже не утилізуються в Україні

Сумська ТЕЦ покриває 25 % потреб у електроенергії, а також 71% потреб у теплоенергії м. Суми. Основним видом палива, що використовується є вугілля марки А, П, а також після модернізації котлів – вугілля марки Г та ДГ, яке видобувається виключно на неокупованій території України. На опалювальний сезон 2022–2023 років було погоджено виділення 80 тис. т. вугілля. Тобто, при середній зольності використовуваного вугілля 10 %, за опалювальний сезон накопичується 8 тис. т. золошлакових відходів. Золошлакові відходи Сумської ТЕЦ мають складний хімічний склад, до якого входять мінеральні речовини, важкі метали та органічні домішки. Вміст таких елементів, як Mn, Ni, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn та Sn, вказують на можливі екологічні ризики за умови неконтрольованого зберігання або неналежної утилізації цих відходів.

У золошлаконакопичувачах постійно протікають процеси випаровування, а також інфільтрація води з потраплянням розчинених форм токсикантів в ґрунтові води і водойми за межами накопичувачів. Зважаючи на вищесказане, золовідвали все ж є відкритими системами навіть якщо їх територія огорожена. Шкідливі речовини, що входять до складу золошлаків можуть мігрувати з поверхні золошлаконакопичувача через повітряне і водне середовища та забруднювати приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні і поверхневі води районів, що розташовані на відстані до декількох кілометрів від накопичувача відходів. Схильні до пилоутворення накопичувачі погіршують санітарно-гігієнічну обстановку на прилеглих територіях, зменшують виробничий ресурс машин, механізмів, а іноді і негативно впливають на продукцію з прилеглих сільськогосподарських угідь. Поширюючись в подальшому за різними трофічними ланцюгами, токсичні речовини, що містяться в золошлаках, можуть викликати деградацію біосистеми та негативно впливати на здоров'я людини.

Вивчення та оцінка токсикологічного впливу золошлаконакопичувача Сумської ТЕЦ дозволить не тільки оцінити ризики для довкілля та здоров'я населення, а також визначити можливі напрямки розробки безпечних технологій утилізації відходів для отримання максимального екологічного та економічного ефектів. Отримані результати підкреслюють важливість впровадження комплексного підходу до утилізації золошлакових відходів. У перспективі такі заходи сприятимуть зниженню екологічного навантаження, раціональному використанню ресурсів і зменшенню обсягів накопичення промислових відходів.

ВОРОН О.А. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

**ЧИННИКИ ВПЛИВУ ТА ПРОСТОРОВІ УМОВИ ПРИ РОЗМІЩЕННІ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В ПРОЦЕСІ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ВИРОБЛЕНИХ КАР'ЄРІВ**

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,  
49005, вул. Сімферопольська 2а, Дніпро, Україна; [OAvoron@nas.gov.ua](mailto:OAvoron@nas.gov.ua)*

**Abstract.** The article analyzes theoretical and practical projects aimed at revitalizing industrial structures and disturbed lands of the territories of liquidated industrial enterprises in order to integrate them into the urban infrastructure. It is recommended to systematize the factors of influence, spatial conditions, stages of implementation, and areas of restoration when placing civilian facilities in difficult terrain using the example of a quarry space.

Процеси урбанізації та світові кризи активно впливають на розвиток та формування житлового середовища в містах. Стан сучасних міст України можна охарактеризувати терміном «просторовий хаос», який усугубився в результаті воєнних дій з боку Росії. Забезпечення сталого розвитку країни включає поступове впровадження проєктів екстенсивного розвитку забудови в містах, а саме цілеспрямоване містобудівне використання порушених земель під об'єктами промислових підприємств, зниження антропогенного навантаження, відновлення їх продуктивності і естетичного виду.

Аналіз світового досвіду свідчить, що процес ревіталізації зосереджується на вирішенні проблем кризових районів та промислових територій, враховуючи геополітичну ситуацію та правове регулювання у конкретній державі. Останні десятиліття реалізовані проєкти ревіталізації (реновації) по забудові територій зі складним рельєфом, а саме перетворення буровугільних кар'єрів у плаваючі житлові комплекси в Німеччині, будівництво футбольного стадіону "Брага Мунісіпал" у гранітному кар'єрі в Португалії, будівництво готелів, міні еко-міст в просторі кар'єру в Китаї та Вірменії. Проєкт відновлення геологічного середовища у мережах провальної воронки при консервації дільниць шахти «Нова» (м. Жовті Води), пілотний проєкт екологічного індустриального парку «Кривбас» з переробки шламів (Покровський район, м. Кривий Ріг) та інше.

За умови відбудови країни у післявоєнний час рекомендовано впровадження проєктів ревіталізації промислових підприємств і їх територій шляхом будівництва об'єктів за напрямком військово-промислового, військово-навчального, медично-профілактичного і фармацевтичного призначення і тощо для умов складного рельєфу на прикладі вироблених кар'єрів. При створенні цих проєктів потрібно урахувати наступні основні складові «Чинники впливу на об'єкт забудовлі», «Просторові умови», «Етапи впровадження» і «Напрямок ревіталізації». «Чинники впливу на об'єкт забудовлі» можна умовно розділити на зовнішні (природно-кліматичні, екологічні, містобудівні, соціально-економічні, історико-етнічні, геополітичні) і внутрішні (функціонально-технологічні, інженерно-технічні, естетичні). Виявлено, що схема розташування будівлі у просторі обирається залежно від типології об'єкта, геометричних та інших параметрів кар'єру, його розташування відносно міста, інвестиційних можливостей та побажань замовника. Об'єкти майбутньої забудови в більшості випадків формуються вздовж бортів кар'єру, для замкнених кар'єрів вхідні зони улаштовуються з верхньої бровки кар'єру, для незамкнених – з його днища. При компонуванні групи об'єктів (будинків або споруд) в першу чергу ураховують кут ухилу рельєфу конкретної ділянки та середній ухил бортів кар'єру. Обов'язково необхідно аналізувати інтенсивність геомеханічних процесів і виявити закономірності їх розвитку і прорахувати виробничі ризики. Ці операції рекомендовано виконати за допомогою спеціальних програмних модулів геоінформаційних та гірничо-геологічних систем (програмного комплексу «K-MINE: Розрахунок стійкості» для кар'єрів, програма кінцево-елементного аналізу «Phase-2» та інші).

Впровадження комплексного підходу в проєктах ревіталізації, сприятиме ефективному використанню порушених земель на території промислових підприємств і техногенних об'єктів та їх інтеграції в міську інфраструктуру.

КУЗНЕЦОВ В. А., ПАСТУХОВА С. В. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)

## ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ: ПРИКЛАД УСПІШНИХ РІШЕНЬ

*Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні Запорізького національного університету 69006, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна*

**Abstract.** Based on the analysis of recent trends in the construction industry, using successful solutions as an example, means were investigated that allow the use of waste from various industries in the construction of buildings or structures. This research is relevant from the point of view of reducing the carbon footprint, rational use of materials and resources, as well as solving problems with construction waste generated as a result of hostilities in Ukraine.

Унаслідок бойових дій, при демонтажі будівель, при виплавленні руд або переробці деревини утворюється величезна кількість твердих відходів (рис. 1).

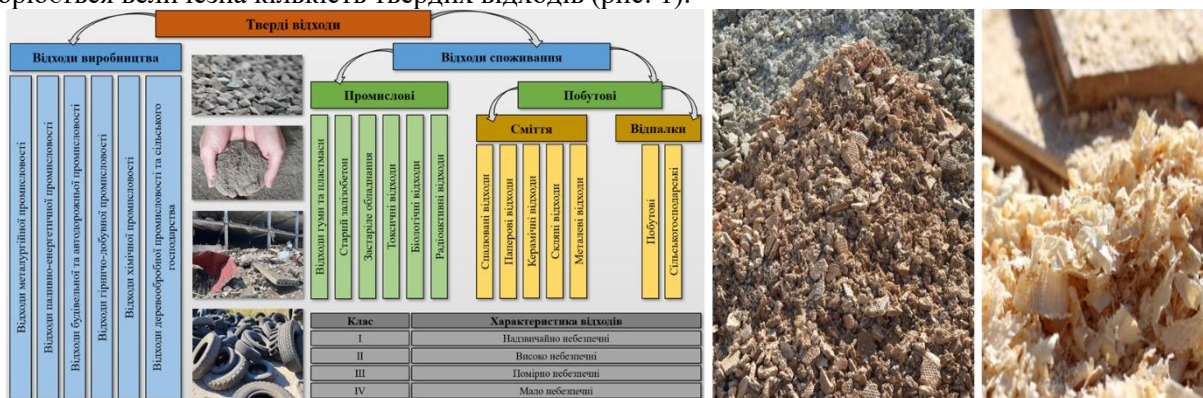


Рис. 1. Класифікація та приклади твердих відходів

Наприклад, із 5-поверхової будівлі площею понад 4000 м<sup>2</sup>, при демонтажі утворюється понад 8973 т будівельного сміття: цегли 3900 т, залізобетону 4400 т, бетону 600 т, металу 30 т, деревини 21 т, скла 22 т тощо. Тверді відходи широко застосовуються в будівельній індустрії, наприклад, для виготовлення будівельних матеріалів та влаштування основ тощо (табл. 1).

Таблиця 1

### Приклад використання твердих відходів у будівельній галузі

| Тип промисловості        | Утворені відходи                                                             | Використання у будівельній галузі                                                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Будівельна промисловість | Цементні, азбестоцементні, скляні, керамічні відходи, залізобетонний брукт   | Вторинні заповнювачі, арматура, основи під підлоги та фундаменти, покриття доріг, виготовлення бетонів               |
| Металургія               | Доменні, феросплавні та сталеплавильні шлаки, продукти збагачення руд, шлами | Портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистий цемент, шлакопідсаний цемент, золемістні цемент, тампожні розчини |
| Переробка деревини       | Тирса, стружка, лігнін, обрізки, кора, скоп                                  | Арболіт, тирсобетон, плити OSB, ДСП, ДВП, пластифікатори та інтенсифікатори подрібнення                              |
| Текстильна промисловість | Відходи текстилю, синтетичні волокна, ганчір'я                               | Тепло- та звукоізоляційні матеріали, покрівельний картон, покриття для підлоги                                       |

Прикладом успішних заходів, може слугувати діяльність Асоціації мінеральних продуктів (МРА) у Великій Британії, яка отримує понад 70 млн т матеріалів, де 90% – після демонтажу та ремонту доріг. У Канаді працює організація «Habitat for Humanity», яка переробляє відходи будівництва та ремонту у нові будівельні матеріали. У Японії діє програма «Гармонійне поводження з відходами», яка забезпечує переробку будівельних відходів у нові матеріали. У Новій Зеландії існують програми, які пропонують збір і переробку відходів будівництва та ремонту для подальшого використання у будівництві та ландшафтному дизайні.

Застосування перероблених будівельних відходів, цілком може забезпечити значну частку ресурсно-матеріальної бази будівництва, водночас скоротивши фінансові витрати та зменшивши негативний вплив на екологію.

ПЕЛЕШОК А.П. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ЗБІР ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ТПВ

*Вінницький національний технічний університет*

*21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; nastyapeleshok27122001@gmail.com*

**Abstract.** The peculiarities of collection and transportation of municipal solid waste and mechanisms of formation of expenses for their transportation are substantiated in the work. Statistical data on the amount of disposed waste in Ukraine for the last year are analyzed.

Технологічний процес збору твердих побутових відходів (ТПВ) є важливим завданням для підтримання населених пунктів у санітарних нормах. Для тимчасового зберігання та збирання використовують контейнери для ТПВ. У більшості сільських населених пунктах України нема спеціалізованих підприємств для переробки, сортування [1, 2] та спеціальних звалищ для відходів та недостатньо коштів для вивезення [3] на сміттєзвалища [4], тому люди складають ТПВ у природних рельєфних утвореннях, що має велику екологічну небезпеку [5, 6].

За статистичними даними в Україні за 2020 рік було утворено, зібрано та вивезено понад 54 млн. м<sup>3</sup> ТПВ. На послуги вивезення відходів у 2020 року витрачено понад 5,2 млрд. грн. Обсяг сплачених послуг складає 4,9 млрд. грн.

Законом України передбачено, що виконавці послуг з вивезення ТПВ повинні укласти договір про надання послуг. Процедура надання послуг з поводження відходів затверджено постановою Кабінету Міністрів України – «Правил надання послуг з вивезення побутових відходів, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 10.12.2008 № 1070».

Механізм формування ціни на вивезення передбачений Порядком формування тарифів на послуги з вивезення побутових відходів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 26.07.2006 № 1010 та здійснюється відповідно до річних планів надання послуг і економічно обґрунтованих планованих витрат визначених на підставі державних і регіональних витрат ресурсів.

Основними чинниками, що сприяють негативному стану сфери поводження з ТПВ є: не впровадження сучасних методів та технологій переробки відходів, мале фінансування даної сфери, яке здійснюється переважно споживачами послуг та місцевих бюджетів лише на ліквідацію несанкціонованих сміттєзвалищ.

Отже, для створення належної системи та будівництва інфраструктури для ефективного поводження з твердими побутовими відходами важливим кроком доцільно об'єднати територіальні громади та грамотно розподіляти фінансування.

## Література

1. Березюк О. В., Лемешев М. С. Динаміка охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання твердих побутових відходів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 2. С. 32-36.
2. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на частку диференційовано зібраних твердих побутових відходів // Вісник ВПІ. 2011. № 5. С. 154-156.
3. Березюк О. В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів // Вісник машинобудування та транспорту. 2015. № 1. С. 3-8.
4. Березюк О. В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук. Хмельницький, 2021. 46 с.
5. Березюк О. В. Використання інформаційних технологій під час проектування машин для збирання та первинної переробки ТПВ // Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод: матеріали III Всеукр. наук.-техн. конф., 20-22 квітня 2019 р. Краматорськ: ДДМА, 2019. 1 с.
6. Березюк О. В. Комплекс машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів, що забезпечують мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище // Технічна творчість: Збірник наукових праць. Хмельницький: ХНУ, 2016. № 1. С. 126-128.

ДЕНИСЕНКО В.О., МЕЛЬНИКОВ О.Ю. (УКРАЇНА, КРАМАТОРСЬК)

## **АНАЛІЗ ЗМІНИ РІВНЯ ЛІСОВОГО ВКРИТТЯ ОКРЕМОГО ЛІСНИЦТВА ЗА ДОПОМОГОЮ СУПУТНИКОВОГО СЕРВІСУ LANDSAT**

*Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, вул. Академічна, 72, м. Краматорськ, Донецька обл.*

**Abstract.** Deforestation is one of the most serious environmental issues of modern times. This article presents software developed for analyzing forest cover based on satellite imagery, allowing the assessment of forest stand conditions and deforestation percentages. The system includes tools for data processing, such as determining the saturation of green color in images and comparing forest cover over different years. Additionally, the application allows for saving results in Excel format, simplifying further data processing. The developed tool improves the monitoring of changes in forest ecosystems, aiding in the fight against illegal logging and the preservation of biodiversity.

Вирубування лісів – це одна з найсерйозніших проблем сучасності. Значення лісів у нашому світі дуже велике, і знищення даних екосистем може призвести до серйозних наслідків. Однак все більше і більше територій піддаються обезліснюванню.

Автори розробили програмне забезпечення для розрахунку лісистості та оброблення інформації про лісові насадження на прикладі селища Співаківка в Ізюмському районі Харківської області. Розроблений додаток містить дані про кількість гектарів, тип насадження, стан вирубки тощо. Користувачі мали можливість отримати від системи відсоток вирубки щодо загальної площі насадження та висновок про те, чи не перевищує він заданий відсоток, завантажити та переглянути карту, зробити копію для подальшої роботи: на екрані з'являвся список усіх доступних скріншотів з карти, і користувач мав обрати потрібний.

Також було зроблено порівняння лісистості за низку років, для чого було використано ресурс Global Forest Watch (Всесвітня лісова варта) – вебдодаток для моніторингу лісового покриття планети в реальному масштабі часу. Розроблений додаток було модернізовано можливістю завантаження зображення з його подальшим обробленням.

Далі було прийнято рішення щодо використання часових рядів зображень, отриманих із супутникових знімків проекту «Landsat» із застосуванням засобу візуалізації «TimeSync». Було надано зображення Придонецького лісництва з 1984 по 2024 роки. Ці дані було збережено в теку для подальшої обробки, для обробки кожного зображення його було розподілено на 9 рівних частин.

У додатку до наявних вкладок було додано вкладку «Кількість кольорів». Дані з сайту було підготовлено завчасно та збережено в теку, за допомогою кнопки «Відкрити картинку» є можливість з переліку обрати необхідний рік та картинку для обробки.

За допомогою кнопки «Показати кольори» користувач має змогу наочно побачити, який топ-10 зелених кольорів переважає на цій картинці, та кількість пікселів кожного окремого кольору. Кнопка «Розрахувати насиченість» обробляє дані по кожному розділеному квадрату, розраховує відсоток кількості зеленого кольору до загальної кількості пікселів на квадраті. Цей відсоток заповнюється в таблицю відповідно до квадрата.

Для збереження результатів з метою подальшої обробки користувач може зберегти дані в файл формату Excel. Якщо файл не створений, то програма створить новий файл, якщо файл вже існує, то програма буде доповнювати файл новими даними.

У ході дослідження було розглянуто проблему вирубування лісів та запропоновано шляхи її вирішення за допомогою сучасних інформаційних технологій. На основі супутникових даних створено програмне забезпечення, яке дозволяє проводити аналіз лісових насаджень, зокрема оцінювати насиченість зеленого кольору на зображеннях, що відображає стан лісистості. Також було додано функціонал для розрахунку та збереження результатів у форматі Excel, що спрощує подальшу обробку даних.

Розроблена система є зручним інструментом для моніторингу змін у лісистості, дозволяючи порівнювати дані за різні роки та виявляти небезпечні тенденції. Її впровадження сприятиме підвищенню ефективності управління лісовими ресурсами, збереженню біорізноманіття та зменшенню масштабів незаконного обезліснення.

ДЯЧОК В.В., ГАЛАС Ю.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В ЕКОСИСТЕМАХ**

Національний університет «Львівська політехніка» вул. Ст. Бандери 12, Львів, Україна, 79000

*Abstract. Significant levels of CO<sub>2</sub> are continuously released into the atmosphere from the extraction of fossil fuels to their processing and burning to produce heat and electricity, including emissions from industry and uncontrolled waste management practices such as open burning of solid waste. As the global population increases and the demand for energy and waste generation continue to grow, the rate of CO<sub>2</sub> release increases. In the search for effective ways to desolve this problem, microalgae are gaining more and more attention.*

Зміна клімату – одна з найгостріших проблем сучасності. Одним із ключових факторів зміни клімату є збільшення концентрації парникових газів в атмосфері, таких як: вуглекислий газ, метан, діоксид сірки та інші.

Значні рівні CO<sub>2</sub> постійно викидаються в атмосферу від видобутку викопного палива до його переробки та спалювання для виробництва тепла й електроенергії, включаючи викиди від промисловості та неконтрольованих практик поводження з відходами, таких як відкрите спалювання твердих відходів. У міру того, як населення планети зростає, а попит на енергію та утворення відходів продовжує зростати, швидкість викиду CO<sub>2</sub> зростає. У пошуках ефективних способів вирішення цієї проблеми мікроводорості привертають все більше уваги. Ці одноклітинні організми здатні поглинати великі об'єми вуглекислого газу та перетворюватися на органічні речовини. Поглинання CO<sub>2</sub> мікроводоростями відбувається навіть у присутності діоксиду сірки.

Ефективне поглинання парникових газів відбувається при температурі живильного середовища 18-20°C за умови впливу електромагнітного випромінювання (адресна доставка енергії).

Одноклітинні мікроводорості, що синтезують хлорофіл, включаючи *Chlorella vulgaris*, також відносять до рослин, і їх біомаса, як і деревина, може використовуватися як альтернативне джерело енергії. Як показали результати наших власних досліджень та аналіз літератури, тепловий ефект спалювання біомаси мікроводоростей близький, а в деяких випадках і більший, ніж тепловий ефект спалювання деревини.

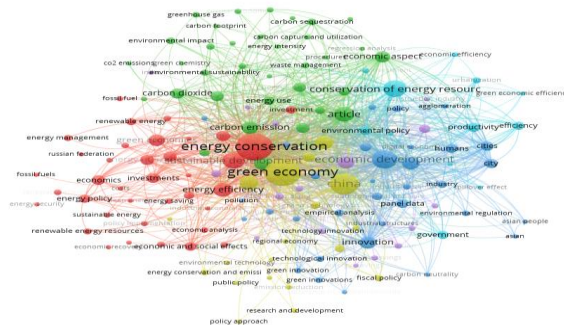
За даними комплексного термічного аналізу, зразок біомаси мікроводоростей, отриманий під час культивування з вуглекислим газом, що містить діоксид сірки, має вищу теплогенеруючу здатність порівняно з отриманою під час культивування мікроводоростей з чистим вуглекислим газом. Полум'яне спалювання легких продуктів розпаду і згоряння його обвугленого залишку супроводжується більш значним тепловим ефектом, отриманим при культивуванні чистим вуглекислим газом. Наявність у зразках сірки підвищує інтенсивність деструктивних, термоокислювальних і гетерогенно-окисних процесів у них при нагріванні.

Теплотворна здатність біомаси мікроводоростей перевищує теплотворну здатність осики (*Populus tremula* L.), яка вважається альтернативним джерелом енергії в Україні, і близька до теплотворної здатності селекційної енергетичної верби (*Salix Viminalis*).

Біомаса мікроводоростей *Chlorella vulgaris*, обидва зразки можуть бути рекомендовані як сировина для виробництва палива. Таким чином, отриманий результат дозволяє вплинути на зменшення кількості антропогенних факторів, що викликають зміну клімату, що є основою сучасних екологічно безпечних технологій.

40007, 116 Kharkivska St., Sumy, Ukraine; <https://sumdu.edu.ua/uk/>

Biometric analysis is becoming an important tool for assessing the impact of energy conservation on the environment and human health. For the analysis, publications from the Scopus database from 2009 to 2025 were sorted by year, which allowed us to identify the main trends and changes in research on this topic. The analysis showed that the largest number of publications in this area falls on the last five years, which indicates an increase in interest in environmentally friendly technologies and sustainable development. The search was carried out using the keywords “green economy” AND “energy saving”. Using VOSviewer, a network of scientific publications was visualized, which made it possible to identify the main trends in scientific research, identify the most cited articles and key areas.



Therefore, the transition to a green economy is a necessary condition for ensuring sustainable development on the planet. The role of energy saving in creating an environmentally friendly infrastructure cannot be underestimated, since it is on the efficient use of energy resources that not only the reduction of the environmental load but also the development of economies in the face of global changes depends. The successful implementation of energy-saving technologies, the development of renewable energy sources and innovative energy management methods are necessary to achieve sustainable development goals. The active participation of young people in these processes is important for creating environmentally conscious and socially responsible communities in the future.

ЛОПУШАНСЬКИЙ О.М., (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## СТРАТЕГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*Національний університет "Львівська політехніка"*

*79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, Україна*

**Abstract.** This study explores the adsorption of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) using multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) in a fluidized state. Experiments at different temperatures (20°C, 50°C, 100°C) show that adsorption efficiency decreases with higher temperatures, with the best results at 20°C. Surface modification of the nanotubes, through defects and functional groups, enhances adsorption. The research highlights the potential of MWCNTs for industrial CO<sub>2</sub> capture, offering opportunities for optimization in future applications, including nanotube regeneration and reuse.

Однією з найактуальніших проблем сучасної екології є зменшення викидів парникових газів, особливо в контексті глобальних кліматичних змін. Декарбонізація як стратегічний напрям у трансформації енергетики, промисловості та транспорту набуває першорядного значення для забезпечення сталого розвитку. У даній роботі розглядаються основні стратегії та інструменти декарбонізації, що включають:

- **Технологічні інновації.**

Розвиток відновлюваних джерел енергії, електрифікація транспортного сектору та впровадження енергозберігаючих технологій дозволяють суттєво скоротити викиди CO<sub>2</sub>. Наприклад, застосування сучасних методів зберігання енергії та розумних мереж сприяє оптимізації споживання енергії та забезпеченню її ефективного розподілу.

- **Економічні інструменти та ринкові механізми.**

Введення системи торгівлі викидами та встановлення вуглецевого податку є потужними інструментами, що стимулюють підприємства до впровадження чистих технологій. Дослідження показують, що ефективне використання ринкових механізмів може сприяти залученню інвестицій у «зелену» економіку та стимулювати розвиток екологічно безпечних проектів.

- **Політичні та регуляторні заходи.**

Важливу роль відіграє формування національних та міжнародних нормативно-правових актів, спрямованих на зменшення викидів парникових газів. Системний підхід до розробки політик, що включають стимулювання досліджень та інновацій у сфері екологічних технологій, є запорукою успішної реалізації декарбонізаційних заходів.

- **Соціально-економічні виклики.**

Перехід до низьковуглецевої економіки супроводжується викликами, пов'язаними з перебудовою традиційних галузей, перекваліфікацією робочої сили та забезпеченням соціальної справедливості. Баланс між економічним розвитком та екологічною безпекою є ключовим завданням сучасної екологічної політики.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному аналізі взаємодії технологічних, економічних та політичних інструментів у процесі декарбонізації, що дозволяє розробити інтегровану модель для оцінки ефективності впровадження заходів зі зменшення викидів. Проведені чисельні розрахунки та сценарний аналіз підтверджують можливість досягнення значних результатів за умови синергії між різними секторами економіки та активної участі державних і приватних структур.

Перспективи подальших досліджень включають розробку адаптивних моделей для прогнозування впливу декарбонізаційних заходів на економічний розвиток регіонів, а також аналіз впливу глобальних кліматичних ініціатив на конкурентоспроможність національної економіки. Результати даної роботи можуть бути використані для формування стратегічних рішень у сфері екологічного менеджменту та розробки рекомендацій щодо оптимізації енергетичних систем.

ПИТЕЛЬ А.А., КОЛОМІЙЧУК В.П. (УКРАЇНА, ЖИТОМИР)

## НАСАДЖЕННЯ МОДРИНИ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ В УМОВАХ ФІЛІЇ «САРНЕНСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО» (РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ)

Поліський національний університет,  
10008, бул. Старий, 7, Житомир, Україна, [andriykopitel@gmail.com](mailto:andriykopitel@gmail.com)

**Abstract.** The data are provided on the prospects of introducing into Ukrainian forestry. Generalizing production experience in cultivating larch plantation is important from the point of view of introducing forest plantation, where the potential of larch as a fast-growing and valuable species would be fully realized. The features of its introduction into the Sarny forestry are characterized.

Модрина європейська (*Larix decidua* Mill.) – одна із найбільш швидкорослих і біологічно стійких деревних порід, має широку екологічну амплітуду, цінну деревину і порівняно легко культивується. Це зумовлює підвищену цікавість до цієї породи у лісогосподарських підприємств. Створення культур модрина має значну перспективу з погляду нагромадження значних обсягів деревини за відносно короткий період.

Основним лімітуючим чинником розповсюдження модрина на південь та схід є вологість клімату, тому найбільш сприятливі природно-кліматичні умови для культивування модринових насаджень сформувались саме у західному регіоні нашої країни. У разі введення в лісові культури модрина росте швидше і довше, ніж місцеві породи, формуючи в молодому віці запаси деревини, яких основні лісоутворювачі досягають лише у стиглому віці. За умови ретельного узагальнення виробничого досвіду створення лісових культур за участю модрина, ця порода може стати вагомим резервом істотного підвищення продуктивності лісів України. У сприятливих умовах вона добре росте і має високу продуктивність як в чистих, так і в мішаних насадженнях. Узагальнення виробничого досвіду з культивування модринових насаджень особливо важливо з погляду запровадження плантаційних лісових культур, де були б повною мірою реалізовані потенційні можливості модрина як швидкорослої та цінної породи. У західних районах України переважно культують модрина європейську та модрина тонколускату, а також різноманітні їхні гібриди.

В лісовому фонді філії «Сарненське лісове господарство» модрина європейська в насадженнях старшого віку представлена як домішка до головних порід – сосни звичайної та дуба звичайного, не більше однієї-двох одиниць в складі насаджень. Але також тут є і насадження де модрина європейська є головною породою, у лісах природного походження, а також лісових культурах, зокрема найбільш характерними є наступні:

1. Карпилівське лісництво кв. 51 вид. 34, площа 0,1 га, бонітет 2, ТЛУ В3, вік 42 р., висота 15 м, діаметр 16 см, повнота 0,5, запас на 1 га 110 м<sup>3</sup>, склад 5Мде2Сз3Бп (Лісові культури);
2. Сарненське лісництво кв. 91., вид. 8, площа 1,1 га, бонітет 1А, ТЛУ С2, вік 60 р., висота 25 м, діаметр 28 см, повнота 0,7, запас на 1 га 370 м<sup>3</sup>, склад 5Мде5Сз +Бп+Гз (ЛК);
3. Кричильське лісництво кв. 8., вид. 22, площа 2,1 га, бонітет 1А, ТЛУ В3, вік - 26 р., висота 12 м, діаметр 14 см, повнота 0,8, запас на 1 га 140 м<sup>3</sup>, склад 4Мде4Сз1Дз1Бп+Яле (ЛК);
4. Лісівське лісництво кв. 6., вид. 12, площа 0,8 га, бонітет 2, ТЛУ В4, вік - 30 р., висота 15 м, діаметр 16 см, повнота 0,8, запас на 1 га 140 м<sup>3</sup>, склад – 4Мде3Бп1Сз2Влч+Дз, Ліси природного походження;
5. Дубровицьке лісництво кв. 15., вид. 4, площа 0,3 га, бонітет 1А, ТЛУ С3, вік - 55 р., висота 22 м, діаметр 24 см, повнота 0,6, запас на 1 га 220 м<sup>3</sup>, склад 10Мде, (ЛК).

Виходячи з таксаційних показників даних насаджень та враховуючи досвід інших лісогосподарських підприємств Західної України, створення лісових культур модрина європейської та догляд за ними є доцільним та перспективним на землях філії «Сарненське лісове господарство» та інших лісових господарствах області.

НЕРУБАЦЬКИЙ В.П., ШАПОВАЛОВА Д.С., ОГУРЦОВ С.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ЯК КЛЮЧ ДО ПОДОЛАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ

*Український державний університет залізничного транспорту  
61050, майдан Оборонний Вал, 7, Харків, Україна; [shapovalova@kart.edu.ua](mailto:shapovalova@kart.edu.ua)*

**Abstract.** The modern energy sector is in crisis due to resource depletion, fuel price fluctuations, and geopolitical instability. Renewable energy sources reduce dependence on fossil fuels, stabilize energy prices, and enhance environmental safety. Decentralized energy systems using solar, wind, hydro, and bioenergy improve security and resilience. Investments in renewable energy drive economic growth, job creation, and innovation. Transitioning to renewables is essential for energy independence, economic stability, and sustainability.

Сучасний енергетичний сектор стикається з кризою, спричиненою виснаженням ресурсів, нестабільністю цін і геополітичними викликами. Традиційні методи видобутку енергії поступово втрачають ефективність, що вимагає пошуку стійких альтернатив. Відновлювані джерела енергії як ключ до подолання енергетичної кризи є оптимальним рішенням для забезпечення сталого розвитку та збалансованого природокористування. Використання сонячної, вітрової, гідро-, геотермальної та біоенергетики сприяє зниженню залежності від викопного палива й скороченню шкідливих викидів.

Для повноцінного переходу на відновлювані джерела енергії недостатньо лише змінити джерела енергії – необхідні структурні перетворення всієї енергосистеми. Одним із важливих напрямків є децентралізація енергомереж, що передбачає розвиток розподілених потужностей, зокрема домашніх і промислових сонячних електростанцій, вітрових електростанцій та малих гідроелектростанцій. Це допомагає зменшити навантаження на центральні мережі та мінімізувати ризики перебоїв у постачанні електроенергії. Додатково впровадження смарт-мереж і систем накопичення енергії дає змогу більш ефективно керувати виробництвом і споживанням електроенергії, що підвищує загальну стабільність енергопостачання.

Крім технологічних переваг, відновлювані джерела енергії мають значний економічний потенціал. Інвестиції у цей сектор сприяють модернізації енергетичної інфраструктури, створенню робочих місць і розвитку нових технологій, таких як воднева енергетика та передові акумуляторні системи. Це дозволяє скоротити витрати на імпорт палива та спрямувати кошти на внутрішній розвиток.

Не менш важливим є й екологічний аспект впровадження відновлюваних джерел енергії. Використання чистих технологій значно зменшує рівень забруднення атмосфери, що позитивно впливає на здоров'я населення та стан довкілля. До того ж скорочення викидів парникових газів сприяє боротьбі з глобальним потеплінням і пом'якшенню кліматичних змін. Для досягнення цих цілей необхідна не лише технологічна модернізація, а й активна державна підтримка та міжнародна співпраця.

У сучасному світі багато країн уже впроваджують фінансові стимули, податкові пільги та грантові програми для розвитку зеленої енергетики. Такі заходи сприяють інтеграції відновлюваних джерел енергії в національні енергетичні системи, стимулюють інновації та залучають інвесторів до розвитку екологічно чистих технологій. Окрім національних ініціатив, важливу роль у цьому процесі відіграють міжнародні угоди, зокрема Паризька кліматична угода, які допомагають координувати зусилля різних країн у боротьбі зі змінами клімату та сприяють поступовому переходу до нової, сталої енергетичної парадигми.

Таким чином, відновлювані джерела енергії як ключ до подолання енергетичної кризи відіграють стратегічну роль у досягненні сталого розвитку та збалансованого природокористування. Їх широке впровадження сприятиме економічному зростанню, зміцненню енергетичної незалежності та покращенню екологічної ситуації. Саме тому держави, бізнес і наукова спільнота повинні об'єднати зусилля для розвитку і впровадження відновлюваних джерел енергії, адже це не лише вирішення поточних енергетичних викликів, а й фундамент для безпечного, стабільного та екологічно відповідального майбутнього.

НЕРУБАЦЬКИЙ В.П., ШАПОВАЛОВА Д.С., ОГУРЦОВ С.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)  
**СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ  
РЕСУРСАМИ**

*Український державний університет залізничного транспорту  
61050, майдан Оборонний Вал, 7, Харків, Україна; [shapovalova@kart.edu.ua](mailto:shapovalova@kart.edu.ua)*

**Abstract.** Smart technologies play a crucial role in monitoring and managing natural resources, promoting environmental sustainability and reducing human impact on ecosystems. The integration of IoT, GIS and satellite monitoring enables real-time tracking of air, water and soil quality, ensuring rapid response to environmental threats. Artificial intelligence and big data analytics enhance risk prediction and resource optimization. In sectors like water management, agriculture and forestry, automated systems improve efficiency and conservation efforts. The implementation of smart energy grids further supports renewable energy adoption. Comprehensive strategies, including government support and international cooperation, are essential for advancing smart solutions in environmental management.

Смарт-технології відіграють ключову роль у збереженні природних ресурсів, сприяючи екологічній стійкості та зменшенню негативного впливу людської діяльності на довкілля. Інноваційні рішення, такі як Інтернет речей, сенсорні мережі та автоматизовані системи збору даних, дозволяють у режимі реального часу контролювати якість повітря, води та ґрунту. Це забезпечує можливість оперативного реагування на екологічні загрози та попередження їхніх наслідків. У поєднанні з геоінформаційними системами та супутниковим моніторингом ці технології не лише відстежують зміни в екосистемах, а й сприяють прийняттю обґрунтованих рішень щодо їхнього раціонального використання.

Завдяки аналізу великих даних і розвитку штучного інтелекту значно зростає точність прогнозування екологічних ризиків, що дозволяє запобігати природним катастрофам та ефективніше керувати ресурсами. Наприклад, у водному секторі розумні системи моніторингу допомагають запобігати виснаженню джерел та покращувати якість води. В аграрному секторі інтелектуальні зрошувальні системи мінімізують витрати води та сприяють підвищенню врожайності. Завдяки цим технологіям також можна більш ефективно контролювати рівень забруднення атмосферного повітря та оптимізувати промислові процеси з метою зниження шкідливих викидів.

Не менш важливим є напрямок охорони лісів та запобігання незаконній вирубці. Використання дронів, супутникових знімків і блокчейн-технологій дає змогу ефективно контролювати стан лісових масивів у реальному часі, а також відстежувати незаконну діяльність. Системи управління енергоспоживанням сприяють оптимальному використанню відновлюваних джерел енергії, що дозволяє зменшити викиди парникових газів, підвищити енергоефективність і покращити загальний екологічний баланс. Інтелектуальні платформи аналізу екологічних даних можуть інтегрувати інформацію з різних джерел і надавати прогнозні моделі змін клімату.

Для того, щоб смарт-технології в сфері природокористування приносили реальні результати, необхідний комплексний підхід, що включає державну підтримку, міжнародне співробітництво та залучення інвестицій. Підтримка таких технологій за допомогою фінансових стимулів, податкових пільг і екологічних програм сприяє їх інтеграції у стратегії сталого розвитку країни. Також важливою є популяризація екологічної освіти та залучення суспільства до ініціатив збереження природних ресурсів.

Таким чином, смарт-технології є не тільки ефективними інструментами для раціонального використання природних ресурсів, але й основою для забезпечення екологічної безпеки і сталого розвитку. Їх впровадження забезпечує баланс між технологічним прогресом і охороною довкілля, що є необхідним для сталого розвитку та збалансованого природокористування. Розвиток та інтеграція цих технологій у різні сфери економіки сприятиме збереженню природних ресурсів і забезпеченню стабільного майбутнього для наступних поколінь.

БІЛАН Л.М., ПОПОВИЧ О.Р. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАСТИКІВ ЯК АЛЬТЕРНАТИВИ ПЛАСТИКУ

Національний університет «Львівська Політехніка» 79013, вул. Степана Бандери 12, Львів, Україна; [lilia.bilan.meoek.2024@lpnu.ua](mailto:lilia.bilan.meoek.2024@lpnu.ua)

**Abstract.** In these theses, I explore the prospects of using bioplastics as an ecological alternative to traditional plastics. The issue of plastic waste accumulation and its harmful impact on the environment is analyzed. The main types of bioplastics, their properties, origins, and advantages—such as biodegradability and carbon-neutral production—are described. Special attention is given to polylactic acid (PLA) as one of the most widespread biodegradable polymers. This research aims to find sustainable and environmentally safe alternatives to conventional plastics.

У даних тезах я розглядаю перспективи використання біопластиків як екологічної альтернативи традиційним пластмасам. Проаналізовано проблему накопичення пластикових відходів та їхній згубний вплив на навколишнє середовище. Описано основні види біопластиків, їхні властивості, походження та переваги, зокрема здатність до біологічного розкладу та екологічна нейтральність виробництва. Особливу увагу приділено полілактиду (PLA) як одному з найбільш поширених біорозкладних полімерів. Дане дослідження спрямоване на пошук стійких і безпечних для довкілля альтернатив традиційному пластику.

Найсерйознішою проблемою є побутові відходи, зокрема одноразовий пластиковий посуд і тара. Незважаючи на те, що їх частка у загальній масі сміття становить лише 8%, через низьку щільність вони займають майже 30% об'єму всіх відходів. У зв'язку з цим ведуться активні дослідження з розробки нових біорозкладних полімерних матеріалів, відомих як біопластики. Вони повинні мати властивості, подібні до традиційних пластмас, і можуть вироблятися як із поновлюваної, так і з нафтохімічної сировини.

На відміну від пластику з викопних ресурсів, біопластик має низьку переваг. Його виробництво дозволяє економити природні запаси, оскільки використовує відновлювану біомасу. Крім того, процес виготовлення є вуглецево-нейтральним, тобто не сприяє збільшенню викидів CO<sub>2</sub>. Деякі види біопластику також мають здатність до біологічного розкладу, що зменшує їхній вплив на довкілля.

Біопластик – це матеріал, створений на основі біологічних ресурсів, таких як кукурудзяний крохмаль, рослинні олії та навіть мікроорганізми. Його розробили як екологічну альтернативу звичайному пластику, зважаючи на зростаючі проблеми забруднення та обмеженість нафтових ресурсів. На відміну від традиційних пластмас, які переважно не розкладаються, деякі біопластики спеціально розроблені для розкладання за певних умов, що допомагає зменшити забруднення довкілля.

Серед біопластиків найбільш поширеним є PLA, який займає близько 40% ринку біорозкладних полімерів. Його називають «подвійно зеленим», оскільки він виготовляється з поновлюваної сировини та природним чином розкладається. За своїми характеристиками PLA подібний до полістиролу – він жорсткий, крихкий, має температуру склування близько 57°C, плавиться при 170-180°C та володіє міцністю 60 МПа.

ЧУМАК О. В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ПОРІВНЯННЯ ВАРТОСТІ СОРТУВАННЯ ТПВ У КРАЇНАХ ЄС

*Вінницький національний технічний університет*

*21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; oleksiychumak2004@gmail.com*

**Abstract.** The publication is dedicated to research and comparison of the cost of sorting municipal solid waste in different countries.

Фактори, які визначають вартість сортування твердих побутових відходів (ТПВ), є комплексними і включають різноманітні аспекти [1, 2]. Розвиненість інфраструктури та застосування передових технологій в сфері сортування впливають на ефективність процесу та його витрати. Політика управління відходами, яка визначається національними та місцевими стратегіями [3, 4], а також законодавством, може стимулювати або гальмувати впровадження ефективних методів сортування [5, 6]. Розгляд цих різноманітних факторів допоможе краще зрозуміти складність вартості сортування ТПВ та розробити стратегії його оптимізації у різних країнах Європейського Союзу. Розглянемо детальніше деякі з країн ЄС.

Німеччина відома своєю високоякісною інфраструктурою управління відходами та сильною спрямованістю на переробку та вторинне використання ресурсів. Витрати на сортування ТПВ в Німеччині зазвичай вищі порівняно з іншими країнами ЄС. Середні витрати на сортування ТПВ в Німеччині оцінюються від 150 до 200 євро на тону відходів.

Нідерланди відомі своєю високоефективною системою управління відходами та високим рівнем повторного використання матеріальних відходів виробництва і споживання. Вартість сортування ТПВ в Нідерландах також вища через застосування сучасних технологій, проте витрати можуть бути меншими порівняно з Німеччиною. Середні витрати на сортування ТПВ в Нідерландах становлять приблизно 120-150 євро на тону відходів.

У Франції розвинена система сортування ТПВ та вторинного використання ресурсів, що сприяє зменшенню відходів та збереженню природних ресурсів. Витрати на сортування ТПВ в Франції можуть бути трохи нижчими порівняно з іншими країнами, завдяки впровадженню ефективних програм та систем оплати за сміття. Середні витрати на сортування ТПВ в Франції оцінюються на рівні 100-130 євро на тону відходів.

У Іспанії розвинута інфраструктура для сортування та переробки ТПВ, але витрати можуть бути нижчими порівняно з країнами Західної Європи. Середні витрати на сортування ТПВ в Іспанії оцінюються приблизно від 80 до 110 євро на тону відходів.

Польща також активно вдосконалює свою систему управління відходами та збільшує використання сортування ТПВ. Витрати на сортування ТПВ в Польщі можуть бути середніми у порівнянні з іншими країнами Європейського Союзу. Середні витрати на сортування ТПВ в Польщі оцінюються приблизно від 60 до 90 євро на тону відходів.

### Література

1. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на частку диференційовано зібраних твердих побутових відходів // Вісник ВПІ. 2011. № 5. С. 154-156.
2. Березюк О. В., Лемешев М. С. Динаміка охоплення населених пунктів Вінницької області впровадженням роздільного збирання твердих побутових відходів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 2. С. 32-36.
3. Березюк О. В. Дослідження кінематики пристрою для сортування твердих побутових відходів // Вісник НТУ "Харківський політехнічний інститут". 2010. № 65. С. 49-55.
4. Березюк О. В. Науково-технічні основи проєктування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук. Хмельницький, 2021. 46 с.
5. Березюк О. В., Лемешев М. С. Динаміка поширеності вилучення відсортованих ресурсоцінних компонентів твердих побутових відходів у Вінницькій області // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. 2022. № 2. 7 с.
6. Березюк О. В., Краєвський В. О. Динаміка зростання кількості сміттесортувальних ліній в Україні // Наукові праці ВНТУ. 2021. № 2. 6 с.

## ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО ДИГЕСТАТУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ

Сумський державний університет,  
40007, вул. Харківська, 116, м. Суми, Україна, [info@sumdu.edu.ua](mailto:info@sumdu.edu.ua)

**Abstract.** The main challenges of today are the restoration of the disturbed environment as a result of military actions. Soils have been subjected to both physical and chemical influences. Heavy metal pollution is quite dangerous, since they are characterized by long-term accumulation and, as a result, entry into the human body through trophic chains, which directly affects human health and future generations. Therefore, the technology of using digestate together with biosurfactants will be used to restore soils. In this combination, a double effect can be achieved: purification from heavy metals and improvement of the fertility of disturbed lands.

Воєнні дії порушують звичний потік речовин у всіх сферах життя і додатково привносять небезпечні фактори, які не можна ігнорувати. Своєчасне їх визначення та швидкі дії можуть значно пом'якшити наслідки, та сприяти природним процесам самовідновлення.

Військова агресія не лише руйнує механічну структуру земель, а й погіршує їх властивості за рахунок порушення орних шарів ґрунту, фізичного та хімічного забруднення металами, нафтопродуктами та залишками техніки після бойових зіткнень. Це може призвести до зниження родючості і, навіть, до втрати територій, які раніше використовували в агропромисловості. Як наслідок, скорочення врожайності та збільшення ризиків настання голоду. Саме тому для вирішення проблеми необхідно розробляти та впроваджувати мультиваріантні практики для подолання декількох викликів. Застосування модифікованого дигестату у технологіях захисту ґрунтів має потенціал до покращення властивостей ґрунтів та очищення від забруднювальних речовин, зокрема важких металів та нафтопродуктів.

Дигестат є побічним продуктом виробництва біогазу. Він може використовуватися для підвищення якості та родючості ґрунту. Дигестат містить значну кількість поживних речовин та анаеробних бактерій, що сприяє надходженню та накопиченню органічного вуглецю у ґрунті і покращує його фізичні властивості. Його внесення має потенціал для значного підвищення екологічної та економічної цінності за рахунок зменшення використання мінеральних добрив, економії витрат на синтетичні добрива та відновлення органічних запасів у ґрунті. Варіативність походження вхідної сировини (сільськогосподарські, промислові, харчові відходи, тощо) підвищує економічну доцільність застосування дигестату для біоре mediaції ґрунтів.

Для більш ефективного застосування дигестату під час біоре mediaції забруднених ґрунтів запропоновано проводити його модифікацію біосурфактантами, які є біологічними поверхнево-активними речовинами, що виробляються бактеріями, грибами або морськими мікроорганізмами. Їм властива здатність до підвищення розчинності, зменшення поверхневого натягу, комплексна піноутворювальна здатність. Порівняно з синтетичними біологічними мають такі переваги: краще сприяння біодеградації, екологічність, більш висока селективність до органічних сполук і іонів металів, ефективність у солюбілізації малорозчинних сполук, дешевизна. Біосурфактанти менш чутливі до коливань рівня солі, рН і температури. Завдяки високій зв'язувальній здатності з іонами важких металів їх використовують для вилучення важких металів із забруднених ґрунтів. Застосування біосурфактантів разом із біодобривом паралельно забезпечуватиме рослини та живі організми необхідними поживними речовинами, що прискорить виведення забрудників із трофічних ланцюгів і стимулюватиме локальні самовідновні процеси. Внесення дигестату покращить структуру, волого- і повітропроникність ґрунтів, що сприятиме підвищенню стійкості геосфери до кліматичних змін.

Із викладеного вище можна зробити висновки, що модифікація дигестату біосурфактантами може сприяти одночасному вирішенню декількох завдань. Поступове зв'язування та вилучення важких металів із паралельним удобренням ґрунтів біодобривом розглядається як економічно вигідний комплекс природоохоронних заходів. При цьому складові цієї технології захисту довкілля є екологічно безпечними, а, отже, не завдаватимуть шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людини в майбутньому.

ВОЛКОВА К.І., ПОДОРОЖКО К.Д. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## **АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДЗЗ ЯК КРОК ДО ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського*

*«Харківський авіаційний інститут»*

*61070, вул. Вадима Манька, 17, Харків, Україна; [khai@khai.edu](mailto:khai@khai.edu)*

**Abstract.** The research focuses on the impact of military conflicts on soils and vegetation using remote sensing technologies. The article analyzes the most common forms of soil and vegetation degradation caused by hostilities, including physical destruction, chemical pollution, and changes in the water balance. Based on the analysis of satellite images of Donetsk region, significant changes in vegetation cover and soil moisture were found. The results emphasize the importance of introducing modern technologies to quickly assess the environmental consequences of the war.

Основними проблемами екологічного характеру, пов'язаними з військовими діями, є забруднення земель токсичними речовинами, втрати родючості, ерозія та зміни водного балансу. Рослинність піддається механічним ушкодженням, випалюванню та дії хімічних речовин, внаслідок чого змінюється склад екосистем. Ці процеси не тільки ускладнюють природне відновлення ландшафту, але й загрожують сільському господарству та здоров'ю населення. Дистанційне зондування Землі активно застосовується для аналізу впливу військових конфліктів на ґрунти та рослинність. За допомогою ДЗЗ здійснюється вивчення змін у видовому складі рослинності та ґрунту в районах, постраждалих від бойових дій. Це є суттєвим, оскільки дозволяє розробляти різні заходи для відновлення цих територій. Сучасні супутники забезпечують високу точність просторових і спектральних вимірювань, що сприяє детальному аналізу змін в екосистемах.

Для детального аналізу було досліджено космічні знімки в діапазонах NDVI та SWIR території поблизу селища Сартана Донецької області Маріупольського району (рис. 1а,1б).

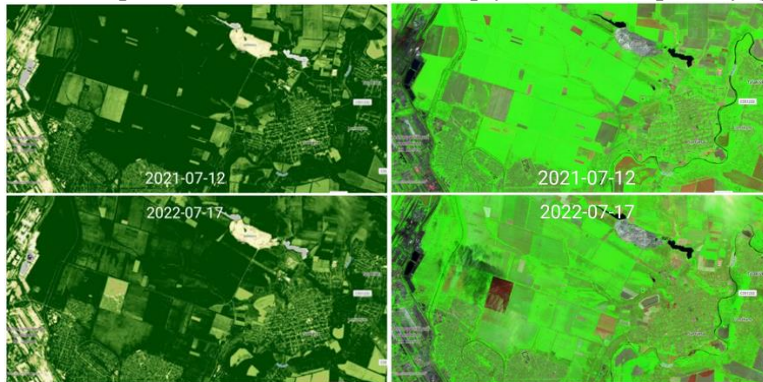


Рис. 1. Космічний знімок досліджуваної території: а – діапазон NDVI, б – діапазон SWIR

На рис. 1а відображено динаміку індексу NDVI за рік: Зменшення від 1 до 0, 2-0,4, що вказує на значні перетворення рослинності під впливом військової діяльності. Знімки в діапазоні SWIR показують відсоток води, що присутня в рослинах і ґрунті. Саме на ділянках активних обстрілів (відображено сірими осередками) спостерігається значна втрата вологи як у рослинності, такі і у ґрунтах.

Впровадження сучасних методів ДЗЗ дозволяє швидко оцінювати масштаби екологічних наслідків війни та допомагає у розробці заходів для відновлення пошкоджених територій.

ЧОРНОНОГ С.С., ВЕРХОВЦЕВ В.Г., ГУБІНА В.Г. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ЗБАЛАНСОВАНЕ НАДРОКОРИСТУВАННЯ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ

Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України

03680, пр. Палладіна, 34а, Київ, Україна

**Abstract.** Balanced mineral resource use in the Kryvyi Rih iron ore basin is possible by obtaining non-traditional types of products from crystalline host rocks such as talc concentrate from talc-containing schists, garnet concentrate from garnet-containing schists, muscovite and quartz concentrate from muscovite-biotite schists, muscovite quartzites and quartz-muscovite schists, expanded clay, schlastoporite from chlorite-containing schists, facing tiles, natural pigments (ochre, red lead, celadonite, etc.), ornamental and collectible stones.

Розробка залізних руд у Кривбасі з другої половини ХІХ ст. привела до значних порушень у навколишньому середовищі, особливо це сталося при добуванні залізних руд відкритим способом (кар'єрами) у другій половині минулого сторіччя. Утворились величезні ями кар'єрів, глибиною до 300-400 м, штучні гори відвалів, висотою до 100 м, забруднені підземні і поверхневі води, атмосферне повітря.

Проблему ми бачимо в тому, що видобувається лише одна корисна копалина – залізна руда, а інші гірські породи вивозяться у відвали, де складаються, утворюючи при цьому штучний рельєф і порушуючи стійкість породного масиву.

Аналіз літературних джерел показав, що в надрах Криворізького басейну наявні додаткові корисні копалини, як рудні так і нерудні, з яких можна отримати додаткову промислову продукцію. Деякі з них повністю або частково відкриті у бортах діючих кар'єрів і частково або повністю вивозяться у відвали.

В табл. 1. наведено корисні копалини Кривбасу, з яких можливо отримати додаткову промислову продукцію, зменшуючи обсяги промислових відходів.

Таблиця 1

### Ресурсний потенціал відходів видобутку та збагачення залізних руд України

В таблиці наведено дані щодо ресурсів корисних копалин за даними Євтехова В.Д. та ін. (1999).

| Різновид                                      | Мінеральна сировина                                                                                                          | Ресурси, млрд т                                 |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Залізорудна сировина                          | Гематитові кварцити;<br>некондиційні магнетитові кварцити                                                                    | 4,0<br>...                                      |
| Нерудна сировина                              | Гранатовмісні сланці<br>Мусковітовмісні сланці<br>Серицит-хлоритові сланці<br>Тальковмісні сланці<br>Піроксеновімісні породи | 1,0-1,5<br>2,5-3,0<br>1,5-2,0<br>6,0<br>0,5-0,7 |
| Мінеральні пігменти                           | Сурик<br>Вохра<br>Мартит, гетит<br>Хлорит, селадоніт, рибекіт                                                                | 0,4-0,5<br>0,15-0,25<br>...<br>...              |
| Блочна сировина                               | Амфіболіти, мігматити                                                                                                        | ...                                             |
| Сировина для виробництва облицювальної плитки | Мігматити<br>Граніт<br>Мармур                                                                                                | ...<br>...<br>3,0-5,0                           |
| Виробне й колекційне каміння                  | Халцедон, гранат, яшмоїди, тигрове, соколине, котяче ока, кристали кордієриту, радіально-променеві кристали егірину          | ...                                             |

Вважаємо, що при інтенсивній експлуатації надр, яка спостерігається в Криворізькому регіоні, головним заходом на шляху до сталого розвитку є комплексне використання розкривних і вміщуючих порід, що в кінцевій меті забезпечить отримання нових видів мінеральної сировини та суттєво поліпшить екологічний стан регіонів за рахунок зменшення промислових відходів.

ДІДЕНКО І., ФЕДИНА М., ПОНОМАРЕНКО В. (КИЇВ, УКРАЇНА)  
**ЗАГРОЗА ВТРАТ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЇЇ НАСЛІДКИ В УКРАЇНІ**

*ПВНЗ Європейський університет*  
03115, бульвар академіка Вернадського, 16 В, Київ, Україна;  
[ihor.didenko@e-u.edu.ua](mailto:ihor.didenko@e-u.edu.ua), [m.fedyna@e-u.edu.ua](mailto:m.fedyna@e-u.edu.ua), [v.ponomarenko@e-u.edu.ua](mailto:v.ponomarenko@e-u.edu.ua)

**Abstract.** The rapid decline in biodiversity, driven by industrialization and human activities, poses a critical threat to ecosystems. Species extinction rates have surged, particularly affecting plant life, which in turn disrupts entire food chains. In Ukraine, nearly 933 plant species face extinction, and overharvesting of medicinal plants further depletes natural resources. Unregulated hunting and fishing also contribute to habitat loss. Addressing these challenges requires urgent conservation measures and sustainable resource management to preserve biodiversity and maintain ecological balance.

Втрата біорізноманіття набула критичних масштабів упродовж індустріальної епохи. За даними Глобальної оцінки стану біорізноманіття, сучасні темпи зникнення видів майже в 1000 разів перевищують природні рівні. Особливо небезпечним є зникнення рослин, оскільки воно спричиняє каскадні ефекти у харчових ланцюгах. Один втрачений вид рослин може зумовити зникнення не менше ніж 10 видів тварин, що підкреслює важливість їхнього збереження.

На сьогодні зникнення загрожує приблизно 20–25 тисячам видів рослин, зокрема 933 видам в Україні. За прогнозами, до кінця ХХІ століття близько 20% сучасних видів флори та фауни можуть повністю зникнути. Основними факторами, що спричиняють втрату біорізноманіття, є пряме знищення організмів та опосередковані екологічні зміни. Особливе занепокоєння викликає неконтрольоване знищення тваринного і рослинного світу.

Мисливська діяльність, яка здебільшого здійснюється облавним методом, негативно впливає на популяції диких тварин. Вибірковий відстріл за віковими та статевими характеристиками порушується, що погіршує генофонд популяцій. Крім того, скорочення ареалів мисливських тварин є прямим наслідком інтенсивного полювання.

Ще одним фактором впливу є аматорське рибальство, яким займається близько 10% населення України. Це явище почало конкурувати з промисловим виловом риби, що значно впливає на водні екосистеми та зменшує популяцію риб.

Значний екологічний виклик становить і заготівля лікарських рослин. В Україні офіційно визнано лікарськими близько 250 видів рослин, хоча потенційно корисні біологічно активні речовини містяться в понад 1100 видах. Однак безконтрольне використання призвело до значного скорочення ресурсів лікарських рослин. Наразі вони займають площу менш ніж 10% території України, а їхні природні запаси неухильно зменшуються через господарське використання земель та надмірний збір сировини без дотримання екологічних норм. Це створює необхідність розробки комплексних заходів щодо збереження біорізноманіття, раціонального використання природних ресурсів та посилення екологічного контролю.

Втрати біорізноманіття в Україні є наслідком антропогенного впливу, зокрема інтенсивного використання природних ресурсів. Скорочення чисельності видів, особливо серед рослин, загрожує екосистемній рівновазі. Ефективне збереження біорізноманіття вимагає посилення контролю за використанням природних ресурсів, розширення охоронних територій та впровадження сталих методів господарювання.

ANNA PRYKHODKO (UKRAINE, SUMY)**THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF ENTERPRISES***Sumy State University**40007, 116 Kharkivska St., Sumy, Ukraine; <https://sumdu.edu.ua/uk/>*

**Abstract.** The study analyzed the impact of digital transformation on energy efficiency and environmental sustainability of enterprises. It was determined that the integration of intelligent energy management systems, Internet of Things (IoT) technologies, big data (Big Data) and blockchain solutions contributes to the optimization of production processes, reducing energy consumption by 15–25% and reducing CO<sub>2</sub> emissions by up to 30%. It emphasized the need for further research on the creation of universal digitalization models for enterprises in different industries to achieve sustainable development goals.

Digital transformation is a determining factor in the development of the modern economy, forming new approaches to resource management, in particular energy, and minimizing the negative impact on the environment. The introduction of digital technologies allows enterprises not only to optimize production processes, but also to increase the level of energy efficiency and environmental sustainability. According to research by the International Energy Agency (IEA), digitalization helps reduce energy consumption in industry by 10–20% due to the introduction of intelligent monitoring and control systems. Domestic scientists, in particular I. Pidrich and O. Stetsenko, emphasize that the integration of the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI) into production processes allows for flexible regulation of energy resources, reducing greenhouse gas emissions.

Digital transformation of enterprises covers the following key areas:

- Intelligent energy management systems — automated regulation of energy consumption based on real-time data, which allows you to identify and eliminate energy waste.
- Internet of Things (IoT) — a network of connected devices that provides remote monitoring and control of energy consumption.
- Big Data — analysis of large volumes of data to predict energy needs and optimize production processes.
- Blockchain technologies — increase transparency and accuracy of accounting for CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption.

In addition, an important direction is the use of digital twins, which allows you to create virtual models of production processes and test various scenarios for optimizing energy consumption in real time. This helps to identify hidden energy costs and predict their future fluctuations. For example, according to a study by General Electric, the use of digital twins technology allowed to increase the efficiency of energy use at production facilities by 25%.

It should also be noted that cloud technologies play a key role in digital transformation, providing processing and storage of large data sets. This allows enterprises to quickly analyze information on energy consumption and implement energy-saving measures without significant capital investments.

According to analytical reports, enterprises that have implemented digital energy management systems were able to reduce energy costs by 15–25% within two years. For example, as part of the Smart Industry initiative, Siemens reduced its CO<sub>2</sub> emissions by 30% due to comprehensive digitalization of production.

Digital transformation is an effective tool for improving energy efficiency and environmental sustainability of enterprises. Integration of intelligent monitoring systems, use of IoT, big data analysis and implementation of blockchain solutions allow not only to reduce energy consumption, but also to minimize the impact of production on the environment. Further research in this area should focus on creating universal models of digital transformation for enterprises in different industries, which will contribute to achieving sustainable development goals and forming an eco-oriented economy.

Державний торговельно – економічний університет,  
02156, вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, knute@knute.edu.ua

Отже, відновлювані джерела енергії становлять фундаментальний компонент у подоланні наслідків змін клімату та забезпеченні енергетичної автономії. Глобальна практика свідчить, що успішна інтеграція відновлюваних енергоресурсів можлива лише за умови існування сприятливого правового регулювання, запровадження фінансових механізмів стимулювання та інтенсивного розвитку інноваційних технологічних рішень.

1. UkraineInvest Альтернативна енергетика.. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/>
2. Samus Y. Ukraine works to ensure post-war energy sector recovery is clean, green and affordable. *United Nations Development Programme*. URL: <https://www.undp.org/ukraine/press-releases/ukraine-works-ensure-post-war-energy-sector-recovery-clean-green-and-affordable> (date of access: 03.03.2025).

АНДРОСЮК А.М., ВЕНГЕР Л.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ДОВКІЛЛЯ: МІФИ ТА РЕАЛЬНІСТЬ**

*Національний університет «Львівська Політехніка» 79013, вул. Степана Бандери 12, Львів, Україна*

Електрообілі (EV) дедалі більше розглядаються як екологічно чиста альтернатива традиційним автомобілям із двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ). Однак навколо них існує багато міфів, що стосуються їхнього реального впливу на довкілля. Розглянемо, що є правдою, а що – хибними уявленнями.

**Міф 1:** Виробництво електрообілів більш шкідливе, ніж традиційних авто.

**Реальність:** Дійсно, виробництво електрообілів, особливо їхніх акумуляторів, потребує значних ресурсів, що супроводжується викидами CO<sub>2</sub>. Проте дослідження показують, що протягом життєвого циклу EV завдають довкіллю менше шкоди, ніж ДВЗ. Більше того, з розвитком технологій та переходом на відновлювані джерела енергії, вплив виробництва зменшується.

**Міф 2:** Електроенергія для EV теж спричиняє забруднення.

**Реальність:** Викиди від виробництва електроенергії залежать від джерела її отримання. У регіонах, де переважає вугільна енергетика, EV мають вищий вуглецевий слід. Однак у країнах з великою часткою відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, гідроенергія) екологічні переваги електрообілів суттєво зростають. Крім того, поступова декарбонізація енергетичного сектора зменшує загальний вплив EV на довкілля.

**Міф 3:** Акумулятори електрообілів – це екологічна катастрофа

**Реальність:** Хоча літій-іонні батареї мають певні екологічні виклики, технології їхнього вторинного використання та переробки постійно вдосконалюються. Все більше компаній розробляють способи повторного використання акумуляторів у стаціонарних системах зберігання енергії або безпечного їхнього рециклінгу.

Впровадження систем екологічного менеджменту (СЕМ) у виробництві EV.

Запорукою відповідального підходу до довкілля є впровадження СЕМ, що сприяє не лише зміні політики природокористування, а й покращенню філософії виробників EV. Це включає використання екологічно чистих матеріалів, скорочення шкідливих викидів у процесі виробництва та ефективну утилізацію компонентів.

Роль ERP-систем у контролі екологічних показників EV

Інноваційні ERP-системи, які мають вбудовані модулі екологічного менеджменту, відіграють ключову роль у контролі за впливом електрообільного виробництва на довкілля. Вони забезпечують:

1. Моніторинг екологічних показників та енергоспоживання;
2. Управління відходами та їхньою утилізацією;
3. Аналіз ризиків та планування екологічних заходів;
4. Генерацію звітності відповідно до міжнародних стандартів (ISO 14001, ESG)

Електрообілі дійсно мають значно менший вплив на довкілля, ніж автомобілі з ДВЗ. Незважаючи на виклики, пов'язані з виробництвом акумуляторів та джерелами електроенергії, технологічний прогрес і впровадження екологічного менеджменту допомагають мінімізувати негативні наслідки. Використання ERP-систем у виробництві електрообілів сприяє кращому моніторингу, управлінню ресурсами та підвищенню екологічної ефективності галузі.

ГУДЗЕНКО О.В., ВАРБАНЕЦЬ Л.Д. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ВПЛИВ КООРДИНАЦІЙНИХ СПОЛУК ГЕРМАНІЮ І СТАНУМА НА АКТИВНІСТЬ ЕЛАСТАЗИ *BACILLUS LICHENIFORMIS*

Інститут мікробіології і вірусології ім.Д.К.Заболотного НАН України  
03143, Акад. Заболотного, 154, м. Київ, Україна ; alena.gudzenko81@gmail.com

**Abstract.** The study of the effect of 19 biocoordination compounds of germanium(IV) and 4 compounds of tin(IV) on the activity of elastase of *Bacillus licheniformis* IMV B-8008, showed that they have a multivector effect. The greatest stimulating effect was exhibited by the compound  $[M(H_2O)_6][Ge_2(OH)_2(H_2Glu)_2] \cdot nH_2O$  ( $H_6Glu$  is gluconic acid,  $M = Cu$ ), which stimulated the activity of elastase by 65%, while the compounds  $[Fe(phen)_3]_4[Ge_6(\mu-OH)_4(\mu-O)_2(\mu-hedp)_6] \cdot 20H_2O$  and  $[Fe(phen)_3]_2[Sn(HMal)_2(Mal)]Cl \cdot 14H_2O$  exhibited the greatest inhibitory effect (100%).

Інтенсивний розвиток біотехнології в останнє десятиріччя в значній мірі визначається зростаючими потребами як медицини, так і різних галузей промисловості в продуктах мікробного синтезу, до яких відносяться гідролітичні ензими. Оскільки в Україні ензими майже не випускаються, а їх потреби задовольняються за рахунок закордонних препаратів, то актуальними є дослідження щодо пошуку продуцентів високоефективних конкурентоспроможних ензимів, важливих для промисловості та медицини. Основну частину ензимів світового ринку (60%) складають протеази. Особливе значення мають ті, що здатні розщеплювати важкорозчинні субстрати, зокрема еластин/ Дослідження еластази мають значення як в теоретичному аспекті, для розуміння структури білків і пептидів, механізмів ферментативного каталізу, так і для практичних цілей, зокрема для лікування опікових уражень і різних ран для видалення некротичних тканин. Задача дослідника одержати ензим з високою активністю. Для її підвищення можуть бути використані різні підходи, одним із яких заключається у застосуванні ряду координаційних сполук/ На наш погляд, ефективними можуть бути координаційні сполуки германію. Відомо, що координаційні сполуки германію (IV), а також його електронного аналога станума, особливо в комплексі з біолігандами, характеризуються низькою токсичністю, широким спектром дії Оскільки раніше був відібраний штам, виділений із донних осадів Чорного моря, на який одержано патент на винахід, як продуцент еластази, ми вирішили, що координаційні сполуки германію і стануму, можуть проявити несподіваний ефект на її активність. Тому метою даної роботи було дослідити вплив біокоординаційних сполук германію і стануму на активність еластази *Bacillus licheniformis*.

Використані новосинтезовані гетерометалічні комплекси. Встановлено, що вони здатні як інгібувати, так і активувати ензим, залежно від їхнього складу, а також структурних особливостей ферменту. З 23 сполук, представників чотирьох груп різних за структурою сполук, найбільш перспективними являються три сполуки: 4, яка на 65% стимулювала її активність, та сполуки 13 та 20, які повністю інгібували її активність. Дія сполук 13 і 20 не залежала ні від часу інкубації, ні від їх концентрації, в той час як дія сполуки 4 залежала від концентрації ефектора. Дослідження впливу 19 біокоординаційних сполук германію(IV) та 4 сполук стануму(IV) на активність еластази *Bacillus licheniformis* IMB B-8008, показало, що вони чинять різновекторний вплив. Найбільшу стимулюючу дію проявляла сполука  $[M(H_2O)_6][Ge_2(OH)_2(H_2Glu)_2] \cdot nH_2O$  ( $H_6Glu$  – глюконова кислота,  $M = Cu$ ), яка на 65 % стимулювала активність еластази, в той час як сполуки  $[Fe(phen)_3]_4[Ge_6(\mu-OH)_4(\mu-O)_2(\mu-hedp)_6] \cdot 20H_2O$  та  $[Fe(phen)_3]_2[Sn(HMal)_2(Mal)]Cl \cdot 14H_2O$  проявляли найбільшу інгібуючу дію (100 %). Інгібуюча дія цих сполук не залежала ні від їх концентрацій, ні від часу інкубації. Стимулююча дія сполуки  $[M(H_2O)_6][Ge_2(OH)_2(H_2Glu)_2] \cdot nH_2O$  ( $H_6Glu$  – глюконова кислота,  $M = Cu$ ) проявлялась тільки при її концентрації 0,1 %, тоді як в концентрації 0,01% вона не проявляла ніякого впливу. Одержані результати щодо інгібування активності еластази можуть мати значення для пригнічення активності еластаз патогенних мікроорганізмів, які мешкають в акваторії морів і океанів.

Таким чином, модифікація еластазної активності *Bacillus licheniformis* IMB B-8008 біокоординаційними гетерометалічними, змішанолігандними германатами(IV)/станатами(IV) різного складу є перспективним напрямком дослідження. Він відкриває нові можливості для створення біокаталізаторів з унікальними властивостями.

ПЕТРОВСЬКА О.Я., ТАНКЛЕВСЬКА Н.С. (УКРАЇНА, КИЇВ)  
**ЕКОЛОГІЧНІ ІНІЦІАТИВИ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ:  
 ДОСВІД НІДЕРЛАНДІВ**

*Державний торговельно-економічний університет  
 02156, вулиця Кіото, 19, Київ, Україна; knute@knute.edu.ua*

**Abstract.** The study touched on the topic of the relationship between environmental policy and economic productivity, taking into account the social factor. The experience of the Netherlands nitrogen policy and its impact on the agricultural sector is analyzed. Proposals of the nitrogen policy legislation adjustment plan are taken into account.

Аграрний сектор України є одним із найбільших у національній економіці. Його функціонування впливає на продовольчу безпеку держави та світу, оскільки Україна є одним з провідних експортерів сільськогосподарської продукції. В умовах воєнного стану попри численні виклики український агросектор продемонстрував високу здатність до адаптації. З огляду на потребу відновлення його ефективності та реалізації виробничого й експортного потенціалу, важливими є робота над державною аграрною політикою та її реалізація, що неодмінно мають враховувати Цілі сталого розвитку, важливою частиною яких є екологізація економіки. Впровадження екологічних ініціатив, як і будь-яких нововведень, попри беззаперечну необхідність та корисну мету несе певні ризики, показовим прикладом чого є досвід аграрного сектору Нідерландів щодо азотної політики.

Згідно із даними, оприлюдненими урядом Нідерландів, щорічно країна експортує близько 65 мільярдів євро сільськогосподарської продукції, що становить 17,5% загального експорту. Сучасна аграрна політика Нідерландів спрямована на перехід до сталого розвитку у сільському господарстві, підтримку органічних фермерів, енергозбереження у садівництві та розповсюдження використання біомаси як сировини [1].

У травні 2019 року Державна рада Нідерландів (найвищий адміністративний суд) постановила, що діяльність уряду щодо обмеження викидів азоту є недостатньою, і це порушує законодавство ЄС. У відповідь уряд значно посилив контроль, що для фермерських господарств виявлялося у примусовому викупі у випадку розташування біля природоохоронних територій, намірах скорочення поголів'я худоби країни удвічі та інших радикальних заходах. Різне введення жорсткої екологічної політики викликало гостру громадську реакцію у вигляді численних протестів [2].

У лютому 2025 року Нідерландська конфедерація сільського господарства та садівництва (LTO) представила план коригування законодавства щодо азотної політики, основною ідеєю якого є необхідність оцінки здійсненності запланованих ініціатив перед їхньою реалізацією. Перед визначенням типу й загалом необхідності подальших заходів, пов'язаних зі зменшенням викидів азоту, важливим кроком є моніторинг та аналіз фактичного скорочення викидів, досягнутого завдяки уже проведеним заходам [3].

Фермерські господарства є важливою складовою економіки держави зі значним аграрним сектором. Будь-які інновації потребують стабільного підґрунтя та контролю змін в економіці, що відбуваються унаслідок їхнього впровадження. Як показує досвід Нідерландів, вирішальне значення має оцінка реалістичності та поступова, поміркована реалізація екологічної політики, а також врахування соціального фактора.

1. Офіційний сайт уряду Нідерландів. Режим доступу: <https://www.government.nl/topics/agriculture/agriculture-and-horticulture>
2. Азот і PFAS раптово стали серйозними суспільними проблемами в Нідерландах. Національний інститут громадського здоров'я та навколишнього середовища. Міністерство охорони здоров'я, добробуту та спорту Нідерландів. 2020. Режим доступу: <https://www.rivm.nl/en/newsletter/content/2020/issue1/nitrogen-pfas-in-NL>
3. LTO представляє план коригування законодавчої бази азотної політики. Нідерландська конфедерація сільського господарства та садівництва. 2025. Режим доступу: <https://www.lto.nl/lto-presenteert-plan-voor-aanpassing-juridisch-kader-stikstofbeleid/>

ЯЦКІВ Д. О. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ СМІТТЄВОЗІВ

*Вінницький національний технічний університет*

*21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; yatskiv.dn1@gmail.com*

**Abstract.** The paper examines the role and specifics of using software to control the executive bodies of machines in municipal solid waste management. Its functions are discussed, which include waste movement tracking, inventory control, and machinery maintenance.

Надзвичайно актуальним стає питання ефективного управління твердими побутовими відходами (ТПВ) завдяки зростанню обсягів виробництва та споживання, що вимагає комплексного підходу до управління та обробки відходів для забезпечення екологічної безпеки та збереження навколишнього середовища [1]. Один із ключових компонентів цього комплексного підходу – використання спеціалізованого програмного забезпечення для керування виконавчими органами машин, що призначені для обробки ТПВ [2].

Спеціалізовані програмні рішення надають можливість автоматизувати та оптимізувати ряд процесів управління, таких як маршрутизація транспорту для збору відходів [3], контроль над запасами та складуванням відходів, планування обслуговування техніки, відслідковування руху відходів з моменту їхнього збору до обробки [4].

Загалом, використання спеціалізованого програмного забезпечення для керування виконавчими органами машин, що обробляють ТПВ [5], є ключовим елементом сучасних стратегій управління відходами, спрямованих на покращення ефективності та екологічної сталості цих процесів.

Програмне забезпечення для керування виконавчими органами сміттєвозів є необхідним інструментом для досягнення ефективності та екологічної сталості в управлінні відходами, допомагаючи забезпечити оптимальний рівень обробки та утилізації відходів у сучасному світі [6].

Програмне забезпечення відіграє ключову роль у сучасних стратегіях управління відходами, надаючи широкий спектр можливостей для оптимізації та автоматизації різних аспектів управління відходами. Воно дозволяє ефективно відслідковувати рух відходів від їхнього збору до обробки. Це дозволяє забезпечити точне планування оптимальних маршрутів транспорту для збору відходів та зменшити час та витрати на перевезення. Програмне забезпечення допомагає контролювати запаси та складування відходів. Це дозволяє забезпечити раціональне використання простору та ефективну організацію процесів складування, що в свою чергу сприяє оптимізації управління відходами.

Таким чином, програмне забезпечення для керування робочим обладнанням сміттєвозів дозволяє оптимізувати відповідні технологічні процеси поводження з ТПВ.

### Література

1. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування обсягів продукування будівельних відходів в різних країнах світу // Вісник ВПІ. 2021. № 3. С. 41-46.
2. Березюк О. В. Дослідження динаміки гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвозів // Машинознавство. 2008. № 10 (136). С. 25-28.
3. Березюк О. В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук. Хмельницький, 2021. 46 с.
4. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози // Вісник ВПІ. 2009. № 4. С. 81-86.
5. Березюк О. В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2008. № 1. С. 92-98.
6. Березюк О. В. Дослідження динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози // Вісник ОДАБА. 2009. № 33. С. 403-406.

ГОЛДРИЧ А.І., І.М. ПЕТРУШКА, МАКСИМІВ Ю.В.  
**ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАЛИШКОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В  
ГРУНТІ**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
м. Львів, Україна*

Оцінка екологічного ризику, пов'язаного із забрудненням ґрунтів важкими металами, є важливою складовою екологічного моніторингу. Важкі метали, такі як свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu), цинк (Zn) та ртуть (Hg), можуть накопичуватися у ґрунті, завдаючи шкоди екосистемам та здоров'ю людини. Накопичення потенційно токсичних елементів (ПТЕ) в ґрунті і рослинах відбувається разом з їх окисненням та дифузією або сорбційними процесами. Нами досліджені проби ґрунту у місцях вибуху крилатих ракет. Площа досліджуваного ґрунту складає 30-50 м<sup>2</sup>, що дозволяє оцінити розповсюдження потенційно токсичних елементів на в ґрунті. Зразки ґрунту відібрані за методикою концентричних кругів аналізувались рентгенофлуоресцентним аналізатором Expert-3L. Основними досліджуваними елементами були Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Оцінка індексу забруднення проводилась за методикою Немерова. Статистичні значення розраховували за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (STATISTICA). На основі кореляційного індексу Пірсона (КІП) зпрогнозовано кількісний аналіз важких металів в осадах та їх дифузію в водне середовище. Подібність між рівнями важких металів була визначена за допомогою кластерного аналізу (СА).

На даний час можна стверджувати, що внаслідок військових дій на території України наша держава стала однією з найбільш забруднених боєприпасами серед країн світу. Добре відомо, що під час детонації ракет і артилерійських снарядів утворюється ряд хімічних сполук: оксид вуглецю (CO), вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), водяна пара (H<sub>2</sub>O), бурий газ (NO), закис азоту (N<sub>2</sub>O), діоксид азоту NO<sub>2</sub>, формальдегід (CH<sub>2</sub>O), пари ціанової кислоти (HCN), азот (N<sub>2</sub>), а також велика кількість токсичних органічних речовин, що окислюють навколишні ґрунти, деревину, торф, споруди. Металеві уламки снарядів, які потрапляють у навколишнє середовище, також не безпечні і абсолютно інертні. Чавун з домішками сталі є найпоширенішим матеріалом для виробництва боєприпасів і містить не тільки стандартне залізо і вуглець, але також сірку і мідь. Ці речовини потрапляють у ґрунт і можуть мігрувати до ґрунтових вод і, як наслідок, потрапляти в харчовий ланцюг, впливаючи як на тварин, так і на людей.

Забруднення навколишнього середовища важкими металами є світовою проблемою, оскільки ці метали є постійні і більшість із них мають токсичну дію на живі організми при перевищенні граничної концентрації. Токсичність металу зазвичай визначається в величині концентрації, необхідної для викликання гострої реакції. Якість міського середовища має життєво важливе значення, оскільки більшість людей зараз живуть у містах. Внаслідок безперервної урбанізації та індустріалізації в багатьох частинах світу безперервно викидають метали земного середовища та становлять велику загрозу здоров'ю людей. Урбанізація призводить до заміщення природної екосистеми штучними, які справляють величезний хімічний, фізичний, психічний вплив на людину.

Військові конфлікти небезпечним чином позначаються на стані ґрунтів та ландшафтів, поверхневих і підземних вод, рослинності й тваринного світу; бойові дії значно збільшують ризики виникнення аварійних ситуацій на промислових підприємствах та інфраструктурних об'єктах. Особливу небезпеку для довкілля становлять конфлікти, що відбуваються на промислово розвинених територіях з великою кількістю екологічно небезпечних підприємств та об'єктів.

**ТУРЧАК І.М., ВЕНГЕР Л.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)**  
**ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ГЕЛІКОПТЕРІВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ УКРАЇНИ:**  
**ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТА СТРАТЕГІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ**

*Національний університет «Львівська Політехніка»  
 79013, вул. Степана Бандери 12, Львів, Україна*

Військові дії мають значний вплив на довкілля, зокрема на біорізноманіття. Використання військових гелікоптерів у конфліктних зонах України супроводжується шумовим забрудненням, руйнуванням природних екосистем та порушенням життєвих циклів багатьох видів. Дослідження цих наслідків є важливим для розробки стратегій мінімізації шкоди та відновлення екосистем.

*Екологічні наслідки військових гелікоптерів*

### **1. Шумове забруднення**

- Військові гелікоптери створюють інтенсивні акустичні хвилі, які впливають на тварин, зокрема птахів та ссавців.
- Розлади орієнтації та міграційних маршрутів у рідкісних видів.
- Порушення процесів розмноження та виховання потомства.

### **2. Руйнування природних середовищ**

- Вертолітні маневри спричиняють деградацію лісових масивів та степових екосистем.
- Випалювання територій внаслідок вибухів і бойових дій.
- Знищення водно-болотних угідь через військову інфраструктуру.

### **3. Хімічне забруднення**

- Використання авіаційного пального та мастильних матеріалів призводить до потрапляння токсичних речовин у ґрунт і водойми.
- Отруєння рослин і тварин через контакти з продуктами згоряння.
- Поширення важких металів у навколишнє середовище.

#### ***Викиди військових гелікоптерів та їх вплив на довкілля***

##### ***1. Викиди від спалювання авіаційного пального***

Більшість військових гелікоптерів використовують авіаційне паливо (наприклад, JP-8, TS-1 або аналогічні гасові фракції). При його згорянні викидаються такі забруднюючі речовини:

- Вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) – сприяє глобальному потеплінню.
- Чадний газ ( $\text{CO}$ ) – токсичний для живих організмів.
- Оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ) – можуть утворювати кислотні дощі та впливати на здоров'я людини.
- Сірчистий газ ( $\text{SO}_2$ ) – сприяє утворенню кислотних опадів.
- Незгорілі вуглеводні (НС) – деякі з них є канцерогенами.
- Сажа (PM – тверді частинки) – може спричинити захворювання дихальних шляхів.

##### ***2. Викиди мастильних матеріалів***

Гелікоптери використовують різні оливи та мастила для двигунів, редукторів і гідравлічних систем. В процесі експлуатації можуть потрапляти в атмосферу такі речовини:

- Аерозолі мінеральних або синтетичних олив.
- Поліароматичні вуглеводні (ПАВ) – мають токсичний ефект.

##### ***3. Продукти тертя та зносу***

Під час роботи двигуна і рухомих частин у повітря можуть потрапляти мікрочастинки та метали, які впливають на навколишнє середовище:

- Металевий пил (алюміній, титан, залізо, мідь).
- Мікрочастинки гуми та пластиків від систем гальмування та ущільнень.

##### ***4. Вторинні забруднюючі речовини***

Деякі викиди (наприклад,  $\text{NO}_x$  та вуглеводні) можуть вступати в хімічні реакції в атмосфері, сприяючи утворенню:

- Озону ( $\text{O}_3$ ) у приземному шарі, який шкідливий для здоров'я.
- Смогу у районах з інтенсивним рухом авіації.

Для зменшення негативного впливу необхідно впроваджувати комплексні заходи, зокрема моніторинг забруднень, відновлення екосистем, міжнародну співпрацю та розробку альтернативних технологій. Особливу увагу слід приділити екологічній реабілітації регіонів, які зазнали найбільшого навантаження, та впровадженню програм зменшення впливу авіації на довкілля.

Збереження біорізноманіття в умовах військових конфліктів є складним завданням, але поєднання зусиль науковців, природоохоронних організацій та державних структур може допомогти мінімізувати екологічні втрати та забезпечити відновлення природного балансу в Україні.

МОЛЧАНОВ Л.С., ГОЛУБ Т.С. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

## **ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В МЕТАЛУРГІЇ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

*Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України  
49050, пл. Ак. Стародубова, 1, Дніпро, Україна; office.isi@nas.gov.ua*

**Abstract.** Physical modeling of the processes occurring during steelmaking provides an important and accessible source of information for understanding the fundamentals of the effects that accompany the course of steelmaking in real industrial conditions. The information obtained can be interpreted using mathematical tools for further comparison between different process options or establishment of optimal indicators.

Металургійна галузь України є однією з провідних вітчизняних галузей. Вона була розрахована на великі обсяги виробництва, які не досягаються в сучасних умовах, тому ситуація в галузі досить складна. Більшість підприємств мають зношені виробничі фонди та використовують застарілі технології. Це призводить до перевитрат ресурсів відбивається на збільшенні собівартості продукції та значно підвищує екологічне навантаження.

В Україні більша частка сталеплавильного виробництва припадає на кисневе конвертування, що зумовлює актуальність постійного розвитку й вдосконалення цього процесу як з технологічного так і з екологічних аспектів. Однак кожна нова розробка чи вдосконалення потребують дослідження та випробування, яке не може бути проведене в промислових умовах через можливість нанесення шкоди поточному виробництву. Тому у світовій металургійній практиці активно розвивається моделювання киснево-конвертерного процесу: фізично на «холодних» моделях або «гарячих» моделях, чи віртуально з використанням математичних моделей. Однак останні потребують попередніх досліджень на фізичних моделях для пошуку закономірностей, що стануть їх основою.

Результати фізичного моделювання необхідно адекватно інтерпретувати. У зв'язку із цим у роботі запропоновані варіанти інтерпретації динамічних показників процесу продувки сталеплавильної ванни за результатами, які було отримано шляхом фізичного моделювання з урахуванням необхідних критеріїв подоби холодної та високотемпературної моделей. Були виконані оцінювання «холодного» моделювання на 6 кг водній двофазній моделі. Швидкість руху рідин визначали відповідно до відеозаписів за рухом об'єкту (трасеру). Встановлено швидкість руху пристіночних шарів рідини на «холодній» моделі на рівні  $0,3 - 0,5 \cdot 10^{-3}$  м/с. Також було проведено оцінювання високотемпературного моделювання на рідкому металевому розплаві на 60-кг моделі кисневого конвертера у порівнянні з результатами «холодного» моделювання за співставляємих технологічних умов продувки за допомогою однакових продувних фурм. Встановлено, що на однаковій глибині пристіночний шар у високотемпературній моделі рухається зі швидкістю  $3 - 5 \cdot 10^{-3}$  м/с, що є на порядок вище, ніж за умов «холодного» моделювання. Це, вірогідно, зумовлено додатковим перемішуючим впливом бульбашками CO, що формуються під час перебігу окислювальних процесів. Відповідно, це необхідно враховувати при перенесенні результатів на реальний об'єкт. При цьому встановлено, що частота коливання поверхні як на «холодній» так і на високотемпературній моделі була однаковою – 0,12 – 0,15 Гц. За цей показник, ймовірно, в більшій мірі відповідає однаковий продувний пристрій та відповідність продувних режимів на моделях, що зіставляються.

Таким чином, фізичне моделювання сталеплавильного переділу створює важливе та доступне джерело інформації для розуміння фундаментальних основ ефектів, які супроводжують перебіг виплавки сталі у реальних промислових умовах. При цьому отримана інформація може бути інтерпретована за допомогою математичного апарату для подальшого порівняння між різними варіантами процесів, чи встановлення оптимальних показників. Проте необхідним є розробка та врахування не тільки критеріїв подоби, але й показника перерахунку результатів з холодної моделі на металевий розплав й в подальшому реальний промисловий об'єкт.

ІВАНОВ А. А. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

**КОМПОЗИЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МЕТАЛЕВОГО ШЛАМУ**

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; mlemeshev@i.ua*

**Abstract.** A new type of special cellular concrete has been developed using metal sludge, which will improve comfortable conditions indoors and will also allow you to simultaneously solve an environmental problem - to recycle industrial waste.

Аналіз рівнів електромагнітних забруднень свідчить, що у промислових містах шкідливий рівень ЕМВ створений штучними джерелами випромінювання перевищує природний рівень в сотні разів [1]. Більше половини населення промислових міст піддається шкідливому впливу електромагнітного випромінювання з рівнями, які перевищують нормовані показники і є надзвичайно шкідливими для здоров'я людини [1-2].

Для захисту населення від ЕМВ в провідних європейських країнах використовують спеціальні захисні матеріали. Важливо щоб такі вироби одночасно забезпечували несучу здатність, мінімальні теплові втрати, а також зменшували рівень ЕМВ споруди.

Для вирішення такої складної задачі вченими ВНТУ розроблений композиційний ніздрюватий бетон. Такий матеріал здатний забезпечити приміщення низьким рівнем тепловтрат і одночасно зменшувати вплив на людину ЕМВ. Отримати такий матеріал вдалося за рахунок використання у складі формувальних сумішей дрібнодисперсного металевго заповнювача [3]. Завдяки використанню у складі сировинних сумішей дрібнозернистого бетону металевих порошків (відходи металообробних виробництв) був отриманий новий різновид бетонів на основі мінеральних в'язучих з поліфункціональними властивостями [4].

В роботах [5-6] авторами встановлено, мінеральний заповнювач і металевий порошок приймають активну участь в процесі утворення структури металоцементної композиції, що виражається в зміні кінетики значень пластичної міцності, і в подальшому відображається на фізико-механічних і радіозахисних властивостях матеріалу.

В роботі [7] автори встановили, що дрібнозернистий металонасичений бетон можна використовувати для виготовлення конструкцій зовнішнього оздоблювально-захисного покриття будівель. Композиційний ніздрюватий бетон володіє низьким коефіцієнтом відбиття ЕМВ і високими показниками поглинання [8]. Теплозахисні характеристики виробів, виготовлених з ніздрюватого металонаповненого бетону забезпечуються наявністю в структурі композиційного матеріалу високотеплоінерційного компонента [9].

**Література**

1. Stadniychuk, M., Modified multi-component fast-hardening construction composites. Національний університет "Львівська політехніка", 2021.
2. Hladyshch, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
3. Medvedchuk, O. Composite materials for protection against static electricity. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023
4. Березюк О. В. Регресія площі полігону твердих побутових відходів для видобування звалищного газу. Мир науки и инноваций. 2015. Вып. 1. Т. 5. С. 48-51.
5. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
6. Stadniychuk, M., Obtaining active mineral additives from industrial waste. Національний університет "Львівська політехніка", 2023.
7. Лемешев, М. С., Сівак, К. К., Стаднічук, М. Ю. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44
8. Bereziuk, O., D. Cherepakha. "Forecasting the volume of construction waste." (2021)
9. Sivak, R. Features of processing of technogenic industrial waste in the construction industry. ВНТУ, 2021.

МАРТИНЮК А. А. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛООБРОБКИ В БУДІВНИЦТВІ

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; martunyk @i.ua*

**Abstract.** Conductive composite concrete using metal slurry can be used to protect against electromagnetic radiation. The production of such concrete allows to reduce the cost of manufacturing special protective products.

Загальновідомим є шкідливий вплив дії на живі організми штучно згенерованих електромагнітних випромінювань. Останнім часом потужність фону електромагнітного забруднення в окремих сферах життєдіяльності людини значно перевищує гранично допустимі норми [1-2].

Аналіз існуючих наукових розробок показав, що створення матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання є актуальним. На теперішній час перед науковцями поставлена задача створити радіопоглинаючий матеріал, який при мінімальній товщині екрану поглинав би електромагнітні випромінювання в широкому діапазоні частот [3].

Науковцями ВНТУ запропоновано використання для захисту від ЕМВ композиційні електропровідні бетони з металевим заповнювачем.

Металевий порошок, який одержаний на основі шліфувального шламу сталі ШХ-15 виробництва підшипників має деякі особливості в порівнянні з порошками, одержаними за допомогою інших технологічних процесів. В технології шліфування металевих виробів при високих температурах відбувається процес окислення металу, який називають процесом його оксидування [4]. На поверхні частинок порошоків шламу сталі ШХ-15 внаслідок хімічно-термічних перетворень утворюються окисовані поверхні, утворені трьома шарами, які приблизно відповідають закису заліза (FeO), магнетиту (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) і Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [5].

Під гомогенною оксидною плівкою шламу утворюється змішана зона металу і оксидів. Вченими ВНТУ встановлено, що шліфувальні шлами сталі ШХ-15 необхідно розглядати як спеціально підготовлений наповнювач для виготовлення радіозахисного покриття [6].

В результаті проведених досліджень авторами в роботах [7-8] підтверджено, що при використанні технологічних процесів обробки сталі ШХ-15, утворюється наповнювач з феромагнітними властивостями. Тому композиційні металонасичені бетони з використанням металевих шламів можна віднести до групи радіозахисних матеріалів. Об'ємна електропровідна матриця забезпечує радіоекрануючі і радіопоглинаючі властивості такому матеріалу. Змінюючи геометрію поверхні екрану, структуру композиційного матеріалу, електромагнітні властивості заповнювача можна регулювати радіозахисні властивості [8].

### Література

1. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
2. Hladyshch, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
3. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
4. Березюк, О. В., М. С. Лемешев, and В. П. Ковальський. "Будівельні вироби з механоактивованих промислових, побутових відходів." (2023)
5. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
6. Stadniychuk, M., Obtaining active mineral additives from industrial waste. Національний університет "Львівська політехніка", 2023.
7. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44
8. Bereziuk, O., D. Cherepakha. "Forecasting the volume of construction waste." (2021)
9. Stadniychuk, M. Composite materials based on man-made waste. ВНТУ, 2021.

МЕДВЕДЬ Я. О. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

**ВОГНЕТРИВКІ БЕТОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ**

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; medved100@i.ua*

**Abstract.** As a result of the research, a composite refractory material was obtained using industrial waste. Testing of samples confirmed the resistance of the products to high temperatures without loss of mechanical properties.

Для зниження собівартості будівельних виробів і скороченню витрат природної сировини, паливно-енергетичних і інших ресурсів, в останні роки дуже активно розпочали використовувати промислові відходи, що є економічно доцільно [1].

Покращення фізико-механічних властивостей та спеціальних властивостей бетонів можна вирішити використовуючи ефективні технологічні прийомами, комплексні активні хімічні мінеральні добавки [2]. Природні мінеральні добавки потребують додаткових витрат на їх виробництво, що є економічно не доцільно.

В роботах [2-3] авторами доведено, що використовуючи промислові відходи теплових станцій та підприємств хімічної галузі України можна отримати ефективні будівельні вироби спеціального призначення. Необхідно враховувати, що на території України працює 12 теплових станцій, які щорічно направляють у відвали біля 10 млн. т золошлакових відходів, а питома вага їх використання в технології будівельних матеріалів у 5–8 раз менше ніж у зарубіжних країнах [4].

Одним з перспективних напрямків отримання спеціальних вогнетривких бетонів є композиційний матеріал отриманий на основі фосфогіпсових відходів. Застосування комплексної технології фізико-хімічної активації таких промислових відходів, як фосфогіпс, зола-винос, було отримано новий різновид вогнезахисних будівельних матеріалів [5-6]. В результаті штучного синтезу фізико-хімічних процесів структуроутворення металозолофосфатного в'язучого отримано дисперснонаповнені структури з низьким вмістом вільної рідкої фази [7-9].

В результаті проведених досліджень технологічних параметрів виготовлені вогнестійкі зразки бетону, міцність зразків на стиск варіюється в межах від 5,8 до 14,6 МПа, середнє значення густини матеріалу відповідно становить 680 – 1250 кг/м<sup>3</sup>. Випробування стійкості виробів до температурних впливів показали, що при нагріванні зразків до 800°C втрати маси складають до 13 %.

**Література**

1. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
2. Березюк, О. В., М. С. Лемешев, and В. П. Ковальський. "Будівельні вироби з механо-активованих промислових, побутових відходів." (2023).
3. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Чанхао, Ю. О. Особливості поводження з твердими побутовими відходами в Китаї. Одеська національна академія харчових технологій, 2018.
5. Христич, А. В. "Рециклинг продуктов переработки осадков сточных вод городских канализаций." (2020).
6. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
7. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
8. Лемішко, К. К. "Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів." (2019).
9. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

*Національний університет «Львівська політехніка»*79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; [serhii.melnyk.meoes.2024@lpnu.ua](mailto:serhii.melnyk.meoes.2024@lpnu.ua)

**Abstract.** The integration of artificial intelligence (AI) into environmental monitoring enhances the efficiency of ecological oversight and promotes sustainable development. AI applications in air quality monitoring, water resource management, biodiversity tracking, environmental risk forecasting, and resource optimization enable rapid data processing and timely responses to environmental challenges. This article discusses the advantages of AI implementation in environmental monitoring and presents examples of its practical applications.

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у системи моніторингу довкілля відкриває нові можливості для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку. Завдяки можливостям ШІ стає можливим більш ефективно відстежувати стан навколишнього середовища, прогнозувати потенційні загрози та вчасно вживати необхідних заходів для їх запобігання.

**Основні напрями застосування ШІ в екологічному моніторингу:**

1. **Моніторинг якості повітря:** Алгоритми ШІ аналізують дані з супутників та наземних датчиків для прогнозування рівнів забруднення повітря, що дозволяє своєчасно вживати заходів для захисту здоров'я населення.
2. **Моніторинг водних ресурсів:** Застосування ШІ для аналізу супутникових знімків та даних сенсорів допомагає виявляти зміни у стані водойм, контролювати якість води та вчасно реагувати на забруднення.
3. **Моніторинг біорізноманіття:** ШІ використовується для обробки великих обсягів даних з камер спостереження та аудіозаписів, що сприяє відстеженню популяцій видів та виявленню браконьєрства.
4. **Прогнозування екологічних ризиків:** Моделі ШІ аналізують історичні дані та поточні тенденції для прогнозування природних катастроф, таких як повені чи лісові пожежі, що дозволяє завчасно вживати превентивних заходів.
5. **Оптимізація використання ресурсів:** ШІ допомагає в управлінні енергоспоживанням, водними ресурсами та відходами, забезпечуючи ефективніше використання природних ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля.

Таблиця 1

**Переваги та виклики використання ШІ в екологічному моніторингу**

| АСПЕКТ                       | ОПИС                                                                                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПЕРЕВАГИ</b>              |                                                                                          |
| ОПЕРАТИВНІСТЬ ТА ТОЧНІСТЬ    | Швидка обробка даних для своєчасного реагування на екологічні зміни.                     |
| ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ | Можливість передбачати екологічні ризики та розробляти превентивні стратегії.            |
| ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕСУРСІВ        | Зниження потреби в ручній праці та оптимізація використання ресурсів.                    |
| <b>ВИКЛИКИ</b>               |                                                                                          |
| ЯКІСТЬ ДАНИХ                 | Необхідність забезпечення точності та повноти вхідних даних для достовірних результатів. |
| ТЕХНІЧНІ ОБМЕЖЕННЯ           | Потреба у відповідній інфраструктурі та технічних знаннях для впровадження ШІ.           |
| ЕТИЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ    | Питання конфіденційності, безпеки даних та відповідальності за рішення, прийняті ШІ.     |

ПИЛИП'ЮК Ю.В., НИЧАЙ С.Т., КАПШУЧЕНКО Р.А., МОКРИЙ В.І.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЗМЕНШЕННЯ ЛІСОВИХ ПЛОЩ НПП «КОРОЛІВСЬКІ БЕСКИДИ»

*Національний Університет «Львівська Політехніка»*  
79000, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; [volodymyr.i.mokriy@lpnu.ua](mailto:volodymyr.i.mokriy@lpnu.ua)

**Abstract. Abstract.** This paper presents an innovative approach for monitoring the decline in forest cover within the National Park "Korolivski Beskydy" using geospatial technologies. The methodology leverages the Google Earth Engine (GEE) platform and the robust dataset *UMD/hansen/global\_forest\_change\_2023\_v1\_11*, which incorporates data derived from Landsat imagery to assess forest cover in the year 2000, annual forest loss, the specific year of loss, and forest gain. By masking the Hansen dataset to the park area and filtering for the period 2019–2023, deforested areas were visually delineated and the total forest loss area was quantified.

Моніторинг, збереження та охорона природних ресурсів є однією з найважливіших задач сучасної екологічної політики, особливо в умовах інтенсивного антропогенного впливу та змін клімату. Важливим елементом екологічної мережі Львівській області є Національний природний парк (НПП) «Королівські Бескиди», створений в 2020 р. з метою збереження унікальних природних комплексів Карпат.

Актуальність досліджень обумовлена зростанням природних та антропогенних загроз, які призводять до зниження лісового покриву, а також необхідністю розробки оперативних методик моніторингу змін у лісових екосистемах. Оскільки НПП «Королівські Бескиди» був створений нещодавно і попередніх наукових досліджень щодо його лісових ресурсів не проводилося, застосування сучасних геоінформаційних технологій дозволяє не лише виявити поточні тенденції зменшення лісового покриву, але й забезпечити основу для прийняття управлінських рішень.

Для створення векторного шару з актуальними межами парку використано програму QGIS 3.40.4 та растрова карта з офіційного сайту НПП «Королівські Бескиди». Аналіз змін лісового покриву виконано з використанням Google Earth Engine (GEE), який дозволяє обробляти великі обсяги супутникових даних, використовуючи хмарні обчислення.

Алгоритм використання інформаційних технологій геопросторового моніторингу включає: завантаження векторного шару меж парку, створеного у QGIS, у вигляді asset; обрізка глобального датасету *UMD/hansen/global\_forest\_change\_2023\_v1\_11* до меж території парку; вибір шару *lossyear* для визначення пікселів, де відбулася втрата лісового покриву, та застосування маски для періоду 2019–2023 років; обчислення площі лісових втрат за допомогою методу *ee.Image.pixelArea* та агрегування значень за допомогою функції *reduceRegion*; векторизація зони втрат із застосуванням функції *reduceToVectors* та розрахунок центроїдів для символічного відображення обезліснених ділянок.

Результати виконаних досліджень полягають у відпрацьовані алгоритмів, методів і технологій екологічного моніторингу, які представлені у вигляді тематичної ГІС-моделі векторного шару території парку з прив'язкою до географічних меж. Створено еколого-картографічні моделі лісових екосистем з позначеними зонами втрат лісового покриву. За допомогою описаного алгоритму в GEE, досягнуто візуалізації меж парку та зон лісових втрат. Ідентифіковано процеси дефорестації території НПП «Королівські Бескиди» за період 2019–2023 р.р., які чітко відображені завдяки застосуванню маскування шару *lossyear*. Отримано кількісну оцінку втрат, що становить 10,43 га. Відпрацьовані технології дозволяють визначити масштаб та інтенсивність зменшення лісових площ в НПП «Королівські Бескиди». Розроблено інформаційно-аналітичні технології моніторингу лісових екосистем, для інформаційної підтримки управління екологічною безпекою та сталим розвитком природоохоронних територій.

Висновки і перспективи подальших досліджень передбачають використання пропонованої методики, а також її адаптації для моніторингу інших природоохоронних територій Карпат. Пропонований підхід може сприяти підвищенню точності аналізу екологічно проблемних ділянок на природоохоронних територіях, в поєднанні з іншими традиційними методами обчислення зон змін, динаміки та втрат лісового покриву (NDVI, EVI).

КОЛМАКОВА В.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)

# ЕКОСИСТЕМНА ОЦІНКА ВТРАТ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Інститут демографії та проблем якості життя НАН України  
01032, бульвар Т. Шевченка, 60, Київ, Україна; e-mail:vnkolmakova@gmail.com

**Abstract.** Destructive changes in the functional state of land resources (soil contamination, erosion, destruction of biodiversity, disruption of water balance, mining of territory, etc.) as a result of military actions negatively affect the ability of lands to provide important ecosystem services. The use of ecosystem assessment is proposed to identify direct and indirect losses of ecosystem services of land resources in order to assess long-term consequences.

Перспективним напрямом наукового обґрунтування оцінки збитків земельним ресурсам внаслідок військових дій є застосування екосистемного підходу, який, попри оцінювання прямих фактичних збитків від пошкодження земельних ресурсів, дає можливість глибше виявити та оцінити опосередковані втрати важливих функцій екосистем, пов'язаних із землею, що мають довготривалі наслідки. Деструктивні зміни функціонального стану земельних ресурсів (забруднення ґрунтів, ерозія, знищення біорізноманіття, порушення водного балансу, мінування території тощо) негативно впливають на здатність земель надавати важливі екосистемні послуги (ЕП): забезпечення, регулювання й підтримки, культурні. Пропозиції щодо застосування екосистемної оцінки для виявлення втрат ЕП земельних ресурсів представлено в (табл.1)

Таблиця 1

## Екосистемна оцінка втрат екосистемних послуг земельних ресурсів \*

| Ідентифікація ЕП, знищених чи втрачених внаслідок військових дій                                                                                                                 | Вплив негативних змін стану земельних ресурсів від військових дій на можливості формування ЕП                                                                                                                                                                                                         | Типи впливу на формування ЕП (фізичний, хімічний та механічний)                                                                                                                                                                                                                                                            | Показники оцінювання негативних впливів на формування ЕП                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Оцінювання рівня впливу/порушення від типу території                                                     |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | % пошкоджених ЕП (від типу площі)                                                                        | А, В, С, D** |
| <b>Алгоритм ідентифікації ЕП:</b><br>1. Назва втраченої ЕП<br>2. Джерело послуги<br>3. Забезпечення ЕП<br>4. Втрата вигід від ЕП<br>5. Оцінка вартості втрачених ЕП<br>6. Ризики | 1. Забруднення ґрунтів<br>2. Деградація ґрунтів<br>3. Пошкодження екосистемної цілісності земельних ресурсів<br>4. Недоступність земель с/г призначення для обробки через мінування<br>5. Зниження якості водних ресурсів для с/г потреб<br>6. Зниження здатності земель до екосистемного відновлення | <b>Фізичний:</b><br>втрата/знищення ЕП в результаті прямих влучань ракет, снарядів, пожеж тощо<br><b>Хімічний:</b><br>деградація ЕП від хімічного забруднення ґрунтів в результаті аварійних викидів (скидів) забруднюючих речовин, вибухів<br><b>Механічний:</b><br>втрата ЕП від механічних змін стану рельєфу території | 1. Індекс деградації ґрунтів, %<br>2. Зниження врожайності, тис. т<br>3. Рівень втрат органічної речовини в ґрунті, %<br>4. Скорочення чисельності видів і популяцій, %<br>5. Емісія вуглецю, %<br>6. Зміни вуглецевих резервів у ґрунті, %<br>7. Втрата можливості вуглецевого поглинання, %<br>9. Знищення с/г угідь, %<br>10. Пошкодження природних ландшафтів та об'єктів, %<br>11. Зміни мікроклімату, %<br>12. Погіршення якості повітря (тис. т забруднених викидів) | а) території, де відбувалися активні наземні бойові дії                                                  | А,В          |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | б) території, які були вражені авіаційним бомбардуванням та обстрілами з наземних далекобійних агрегатів | А,В          |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | в) території, де базувалися військові підрозділи                                                         | С            |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | г) території, які були заміновані з метою протистояння окупантам                                         | С            |

\* А – максимально несприятливий вплив; В – сильний вплив; С – середній вплив; D – слабкий вплив

\*\*Джерело: складено автором за: Україна, шкода довкіллю, екологічні наслідки війни / Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. та ін. 84 с. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>; Сплотидель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii1.pdf>; Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд. 2020. 86 с.; Варуха А. Огляд підходів з оцінки екосистемних послуг через призму їхнього застосування для визначення збитків, завданих військовими діями рф на території України. Львів: Компанія «Манускрипт», 2022. 56 с.

**МАЄЦЬКИЙ М.М. ОДНОРИГ З.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)**  
**ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ**  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів*

**Abstract.** The extraction of shale gas in Ukraine has a significant environmental impact. Key concerns include groundwater contamination, increased seismic activity, and greenhouse gas emissions. This study analyzes these factors and explores sustainable management strategies to mitigate ecological risks. Proper wastewater treatment, groundwater monitoring, and eco-friendly drilling technologies are essential for minimizing environmental damage.

Видобуток сланцевого газу є важливою альтернативою традиційним енергоресурсам, що сприяє енергетичній незалежності України. Проте, цей процес супроводжується значними екологічними ризиками, які вимагають детального аналізу. Основні проблеми включають: забруднення водних ресурсів та підземних вод питної якості в результаті перетікання в товщах гірських порід внаслідок негерметичності колон і неякісного виконання гідроізоляції технологічних майданчиків; підвищену сейсмічну активність; значні викиди парникових газів під час спалювання продуктів випробування свердловини на факелі.

Однією з найсерйозніших екологічних загроз є забруднення підземних вод. У процесі гідророзриву пласта використовуються хімічні реагенти, які можуть проникати у водоносні горизонти, спричиняючи забруднення питної води. Наслідком цього є загроза здоров'ю населення та деградація екосистем. Крім того, значні обсяги використаної води можуть виснажувати місцеві водні ресурси, що є особливо критичним у посушливих регіонах. З метою попередження забруднення першого водоносного горизонту з прісними водами рідкими відходами буріння, що будуть утворюватися в процесі спорудження свердловин, передбачається тимчасове зберігання їх в земляних гідроізольованих шламових амбарах.

Ще одним критичним аспектом є можливе збільшення сейсмічної активності. Наукові дослідження свідчать, що у районах активного видобутку сланцевого газу зростає кількість землетрусів. Це пов'язано з великим обсягом закачуваних рідин у підземні формації, що сприяє виникненню напружень у земній корі. Особливо це стосується регіонів із високою геологічною нестабільністю, де навіть незначні зміни в підземних структурах можуть спричинити серйозні наслідки.

Крім того, видобуток сланцевого газу супроводжується викидами метану – одного з найпотужніших парникових газів. Метан має у десятки разів вищий потенціал утримання тепла, ніж вуглекислий газ, що прискорює процес глобального потепління. Неефективне управління викидами може посилити зміни клімату та їхні наслідки для природних систем. Витоки метану можуть відбуватися не лише під час видобутку, а й при транспортуванні газу, що створює додаткові ризики для довкілля.

Окремої уваги заслуговують наслідки порушення ґрунтового покриву. Інтенсивне будівництво інфраструктури для видобутку газу призводить до деградації земель, знищення природних ландшафтів та втрати біорізноманіття. Зміни у структурі ґрунту можуть спричинити ерозійні процеси та втрату родючості сільськогосподарських угідь. Важливим є також питання рекультивації земель після завершення видобутку, оскільки без належного відновлення території можуть залишатися непридатними для використання десятки років. З метою запобігання забруднення ґрунту передбачається частину поверхні кожного бурового майданчику частково покрити залізобетонними плитами, а саме ділянки, де можливий контакт бурового розчину, хімреагентів і ПММ з ґрунтом (вишковий блок, силовий блок лебідки, насосний блок, циркуляційна система, блоки для приготування і очистки бурового розчину, блок ПММ, склад хімреагентів).

Отже, видобуток сланцевого газу в Україні має значний вплив на довкілля, але впровадження комплексного підходу управління може сприяти зменшенню екологічних ризиків та сталому розвитку галузі. Ефективне регулювання, екологічні інновації та активна участь громадськості у процесі прийняття рішень допоможуть забезпечити баланс між економічною вигодою та збереженням навколишнього середовища.

ПАРХОМЧУК А.А., УВАЄВА О.І. (УКРАЇНА, ЖИТОМИР)

## **ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВІДХОДІВ**

*Державний університет «Житомирська політехніка»  
10005, вулиця Чуднівська, 103, Житомир, Україна*

**Abstract.** The work analyzes the problems of waste contamination of land in Zhytomyr region and ways to minimize them. Measures for the development of waste processing infrastructure, recultivation of degraded land and introduction of separate waste collection are proposed. The importance of environmental education and monitoring compliance with environmental legislation is emphasized.

Рациональне використання земельних ресурсів є ключовою умовою сталого розвитку Рациональне використання земельних ресурсів є ключовою умовою сталого розвитку регіонів. У Житомирській області проблема деградації земель, спричинена накопиченням відходів, набуває критичного характеру, оскільки призводить до зниження родючості ґрунтів, забруднення підземних вод і загострення екологічних ризиків для місцевого населення. Особливо гостро це питання постає у зв'язку з неефективною системою поводження з твердими побутовими відходами, відсутністю достатньої кількості переробних підприємств та значною кількістю стихійних сміттєзвалищ, які не лише забруднюють довкілля, а й сприяють поширенню токсичних речовин у ґрунтовий покрив.

Сучасні дослідження свідчать про те, що значна частина твердих побутових відходів (ТПВ), які потрапляють на полігони, можуть бути утилізовані або перероблені. Проте в Житомирі наявна інфраструктура для цього є недостатньо розвиненою. У місті діє лише один офіційний полігон для захоронення відходів, який перевантажений і не відповідає всім екологічним стандартам. Крім того, через недосконалу систему сортування значна частина пластикових, органічних та електронних відходів безконтрольно накопичується, спричиняючи утворення токсичних сполук у землі.

Для зниження негативного впливу відходів на земельні ресурси необхідно вжити низку заходів. Одним із ключових напрямів має стати розвиток сміттєпереробної галузі. Будівництво сучасних сміттєпереробних заводів дозволить значно скоротити обсяги відходів, що підлягають захороненню, зменшити навантаження на ґрунти та мінімізувати ризики хімічного забруднення. Також важливо впровадити систему роздільного збору сміття на рівні громад, що сприятиме ефективному використанню вторинної сировини та зменшенню частки сміття, яке потрапляє на полігони.

Ще одним пріоритетним заходом є ліквідація стихійних сміттєзвалищ та рекультивація деградованих земель. Застосування сучасних біоремедіаційних технологій може допомогти відновити родючість ґрунтів, що особливо важливо для збереження сільськогосподарських угідь області. Впровадження методів фіторемедіації – використання рослин для очищення забруднених земель – є перспективним напрямом у реабілітації пошкоджених екосистем.

Окрім технічних рішень, важливим аспектом є підвищення рівня екологічної свідомості населення та впровадження суворішого контролю за дотриманням природоохоронного законодавства. Організація інформаційних кампаній щодо правильного поводження з відходами, популяризація концепції «нульових відходів» (Zero Waste) і залучення громади до екологічних ініціатив сприятиме сталому використанню земельних ресурсів.

Таким чином, збереження земельних ресурсів Житомирської області вимагає комплексного підходу, що включає розвиток інфраструктури для переробки відходів, удосконалення законодавчої бази, екологічну освіту населення та активну участь місцевих громад. Лише завдяки ефективному управлінню відходами та впровадженню сучасних технологій можливо забезпечити екологічну безпеку регіону та зберегти ґрунтові ресурси для майбутніх поколінь.

ТИХЕНКО О. М., ЗОЗУЛЯ Л. А., КОНОВАЛОВ А. О. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## АНАЛІЗ АКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ НА ДОВКІЛЛЯ

*Державний університет «Київський авіаційний інститут»  
03058, пр-т. Любомира Гузара, 1, Київ, Україна; post@nau.edu.ua*

**Abstract.** Physical factors accompanying the operation of electric generators, such as noise, vibration, thermal radiation and electromagnetic fields, can negatively affect human health and the environment. The results of monitoring the acoustic load on the environment during the operation of various types of electric generators are presented. It has been established that the most effective for domestic needs are inverter generators. It has been established that the acoustic impact of electric generators on the environment can be minimized by using soundproofing materials in their designs.

У зв'язку з перебоями у електропостачанні під час військового стану в Україні, а також через зростання попиту на автономні джерела енергії для підприємств та побутових потреб, актуальність досліджень фізичного впливу різних типів генераторів на довкілля є надзвичайно актуальною. Фізичні фактори, що супроводжують роботу електрогенераторів, такі як шум, вібрації, теплові випромінювання та електромагнітні поля, можуть негативно впливати на здоров'я людей та довкілля. Зокрема, шумове забруднення від генераторів може порушувати звичний режим життя дикої природи, відлякувати тварин, а також впливати на екосистеми, що існують у безпосередній близькості від джерела шуму.

Результати моніторингу акустичного навантаження на довкілля при роботі різних типів електрогенераторів на довкілля наведено в табл. 1.

*Таблиця 1*

**Рівні акустичного навантаження на довкілля  
різних типів генераторів на відстані 7 метрів**

| Тип генератора     | Потужність | Рівень шуму, дБ       | Модель генератора                          |
|--------------------|------------|-----------------------|--------------------------------------------|
| <b>Інверторний</b> | 1–2 кВт    | 53±2,7<br>51,5±2,7    | Honda EU22i,<br>Yamaha EF2000iS,           |
| <b>Бензиновий</b>  | 1–3 кВт    | 59±2,7<br>58±2,7      | Briggs & Stratton P2200<br>Generac GP2200i |
| <b>Дизельний</b>   | 5–10 кВт   | 72±2,7<br>(75–80)±2,7 | Caterpillar DE110E,<br>Cummins C250D5      |
| <b>Газовий</b>     | 5–10 кВт   | 65±2,7                | Generac 7043                               |

Встановлено, що інверторні генератори працюють значно тихіше за традиційні бензинові та дизельні генератори, оскільки вони використовують технологію інвертора для стабілізації вихідної потужності, а також часто мають звукоізоляційний корпус. Бензинові генератори є популярними для побутового використання, але вони можуть бути досить шумними, особливо при роботі на високих навантаженнях. Дизельні генератори зазвичай працюють на більших потужностях і тому можуть створювати значний рівень шуму (70–85 дБ). Однак їхній рівень шуму також залежить від розміру та технології. Газові генератори можуть працювати з меншим рівнем шуму (60–70 дБ), оскільки вони мають більш повільний процес згоряння, порівняно з бензиновими або дизельними генераторами. Інверторні генератори – це найкращий вибір для побутових потреб. Для великих комерційних або промислових завдань, де вимоги до рівня шуму менш суворі, дизельні або бензинові генератори можуть бути більш потужними, але їх рівень шуму теж буде вищим.

Мінімізувати вплив генераторів на довкілля можна за рахунок використання звукоізоляційних матеріалів в конструкціях генераторів, наприклад, спеціальні корпуси, що поглинають звук, встановлення шумозахисних екранів, а також за рахунок правильного їх розміщення (подалі від житлових зон або об'єктів, де рівень шуму може бути надмірно високим).

Отже, зменшення фізичного впливу генераторів на довкілля вимагає комплексного підходу, що включає технологічні інновації, оптимізацію використання ресурсів та ефективне управління відходами. Це дозволить не лише знизити забруднення навколишнього середовища, але й зберігати енергетичні ресурси та створювати більш стійкі енергетичні системи.

СТЕЦЕНКО Д.А. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)  
**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ШТУЧНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ЖИТЛА Й ПРАЦІ ЛЮДИНИ**

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 54000 вул. 68  
Десантників 10, Миколаїв, Миколаївська область, Україна*

**Abstract.** The report examines key aspects of the environmental safety of the artificial ecosystem of human housing and work. The main pollution factors are analyzed, such as air and water quality, the use of toxic building materials, electromagnetic and noise pollution. Special attention is paid to the problems of fine dust (PM 2.5 and PM 10) and its impact on human health. Methods for ensuring environmental safety are also highlighted, including the use of environmentally friendly technologies, air and water purification systems, the use of energy-efficient solutions, and the improvement of monitoring and notification systems for changes in environmental factors. The conclusions emphasize the importance of implementing sustainable environmental solutions to create a safe housing and work environment.

Штучна екосистема житла й праці – це середовище, створене людиною для комфортного проживання та виконання професійної діяльності в яких людина проводить більшу частину свого життя. Вона включає житлові будинки, офіси, промислові приміщення та інші об'єкти, які функціонують у взаємодії з природним середовищем. У сучасному світі, де індустріалізація та урбанізація значно впливають на якість життя, питання екологічної безпеки стає надзвичайно актуальним.

Забруднення житлових і робочих приміщень є серйозною загрозою для здоров'я людини. Основні проблеми екологічної безпеки пов'язані із високим рівнем забруднення повітря, використанням токсичних матеріалів у будівництві, неякісною питною водою та впливом шумового й електромагнітного забруднення. Додатково, зростання урбанізації та промислового виробництва спричиняє накопичення шкідливих відходів, які також впливають на штучне середовище житла й праці.

Одним із ключових чинників є якість повітря, що визначається концентрацією пилу, токсичних речовин, рівнем вуглекислого газу та інших небезпечних складових. Велике значення має контроль забруднення повітря дрібнодисперсним пилом розміром до 2,5 мкм (PM 2.5) та до 10 мкм (PM 10), оскільки ці часточки при вдиханні не затримуються у верхніх дихальних шляхах, а потрапляють безпосередньо в бронхи, бронхіоли та альвеоли, а також можуть проникати в серцево-судинну систему. Завдяки малій масі дрібнодисперсний пил довго залишається у повітрі, створюючи постійний ризик для здоров'я. Викиди PM2.5 переважно утворюються внаслідок процесів згоряння в енергетиці та транспортному секторі, що значно підвищуються при відключенні світла, коли використовується велика кількість генераторів біля житлових будинків.

Використання неякісних будівельних матеріалів може призводити до виділення формальдегідів, азбесту, радіонуклідів, які негативно впливають на здоров'я. Також важливу роль відіграє якість питної води, що може містити важкі метали, мікроорганізми та інші забруднювачі. Крім того, електромагнітне випромінювання від електроприладів і шумове забруднення створюють додаткові ризики для екологічної безпеки приміщень.

В Україні діє низка законодавчих актів, спрямованих на контроль екологічної безпеки. Важливу роль відіграють міжнародні екологічні стандарти, зокрема ISO 14001, які регулюють вимоги до екологічного менеджменту. Впровадження екологічної сертифікації будівель сприяє підвищенню безпеки житлових і робочих приміщень. Державний контроль та екологічна експертиза відіграють важливу роль у забезпеченні відповідності будівельних матеріалів і технологій міжнародним стандартам.

Для зменшення негативного впливу екологічних чинників необхідно використовувати екологічно чисті будівельні матеріали, що не містять токсичних речовин і радіонуклідів. Важливим заходом є впровадження систем фільтрації повітря та води, які дозволяють очищувати середовище від шкідливих домішок. Для своєчасного реагування на зміни екологічної безпеки слід вдосконалювати внутрішні автоматизовані системи моніторингу екологічного забруднення шляхом використання в них сучасних методів обробки даних для виявлення загроз та розробка і вдосконалення мобільних додатків для таких систем, що забезпечить оперативне оповіщення.

РЯБКО А.І. (УКРАЇНА, ДНІПРО)

## ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ ЕКОБЕЗПЕКИ УКІСНИХ СПОРУД ХВОСТОСХОВИЩ

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України  
49005, вул. Сімферопольська, 2-а, Дніпро, Україна; office.igtm@nas.gov.ua*

The work discusses the approaches to modeling the influence of filtration processes in the slope systems of the tailings dumps of mining systems on the stability coefficient of these structures. The stability coefficient is considered as a component of the general criteria for the eco-safety of object and regional levels. Taking into account the degree of reduction of the negative impact of filtration processes in slope systems is proposed to be taken into account using parameters for submodels of methods of neutralization of hazardous hydrosphere phenomena.

Важливим фактором екобезпеки гірничотехнічних підприємств та об'єктів є стале функціонування укісних систем хвостосховищ. Статистика природно-техногенних аварійних ситуацій на хвостосховищах показує велику складову пов'язану з впливом порушення фільтраційних режимів та дренажних систем огорожувальних дамб.

Нейтралізація негативних наслідків фільтраційних процесів здійснюється за допомогою: конструктивно-технологічного методу заповнення хвостосховища шляхом гідрокладання хвостів розосередженим способом; формування пляжу розрахункової величини; використання вторинних дамб обвалування у якості дренажних систем; дренажу укосів дамб хвостосховищ з метою зниження рівня впливу гідросферних систем декількох типів: поверхневих водотоків, підземних водоносних горизонтів, поверхневого стоку, фільтраційних потоків вмісту чаші хвостосховища; улаштування дренажу гравійно-щебеневими призмами у поєднанні з водоприймальною канавою, що проходить з ухилом до місцевого водозбірника; осушення свердловинами у випадках різкого підняття рівня підземних вод та критичних значень приток до основи греблі; електроосмотичних методів нейтралізації надмірної обводненості водоносних порід, що засновані на одночасному впливі на породи постійного електричного струму та різних добавок; комбінованих протифільтраційних та протизсувних методів (наприклад, спільне застосування геосинтетичних полотен та габійонних конструкцій).

При моделюванні впливу фільтраційних факторів на укісні споруди у якості параметрів пропонується враховувати: рівень депресійної кривої, рівень приток води до підшови дамби, коефіцієнт фільтрації дамби, необхідний обсяг відведення вод з урахуванням коефіцієнта стійкості дамби, тип дренажної системи (трубчастий, канавний, свердловинний), загальну довжину трубчастого дренажу, діаметр труб, площу поперечного перерізу дренажних каналів, об'єм водоскидних ємностей. Найбільш загальним підходом до моделювання впливу процесів фільтрації є рішення рівняння Пуассона у просторовій постановці.

Вплив фільтраційних потоків на коефіцієнт стійкості, як складової показника моделей геотехнічної екобезпеки, пропонується визначати за допомогою залежності

$$k_s = \frac{\sum (N_{pi} - N_{fi}) f_i + cL}{\sum (T_{pi} - T_{fi})},$$

де  $k_s$  – коефіцієнт стійкості укісної системи;  $N_{pi}$  – нормально діючі зусилля від ваги призми зсуву;  $f_i$  – коефіцієнт тертя;  $c$  – зчеплення;  $L$  – довжина площини зсуву;  $T_{pi}$  – зсувні зусилля від призми обвалення;  $N_{fi}$  – нормально діючі зусилля від фільтрації води;  $T_{fi}$  – зсувні зусилля від фільтраційних сил. Урахування нейтралізації негативного впливу фільтраційних процесів відбувається через побудову залежностей  $N_{pi}$ ,  $T_{pi}$ ,  $N_{fi}$ ,  $T_{fi}$  від множини параметрів, що характеризують протифільтраційні методи.

ДЕНИСЮК А.Р., АТАМАНЮК В.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ШРОТУ МОРКВИ ДИКОЇ

Національний університет «Львівська політехніка», Інститут хімії та хімічних технологій  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; [ixxt.dept@lpnu.ua](mailto:ixxt.dept@lpnu.ua)

**Abstract.** This study examines the hydrodynamic processes in the stationary layer of wild carrot meal during filtration drying, exploring its potential as a raw material for environmentally friendly alternative solid fuel production. Experimental research has determined the key geometric characteristics of meal particles and the physico-mechanical properties of the stationary layer. The findings justify the need for preliminary treatment of the raw material to improve biofuel production efficiency. The obtained results enable the prediction of energy consumption in designing equipment for the filtration drying of this material.

Дика морква (*Daucus carota*) містить цінні біоактивні сполуки, що робить її затребуваною у фармацевтиці. Проте в процесі екстрагування утворюється значна кількість відходів – шроту, який часто утилізують нерационально, що спричиняє екологічні проблеми. Перспективним рішенням є повторне використання шроту, зокрема для виробництва біопалива – екологічно чистого джерела енергії. Це допоможе мінімізувати вплив на довкілля та скоротити викиди парникових газів. Основним викликом при переробці шроту моркви дикої є його висока вологість (приблизно 60%), що ускладнює зберігання та використання для виробництва паливних брикетів, де оптимальна вологість повинна становити 7–14%. Дослідження показали, що для твердих дисперсних матеріалів найбільш ефективним методом є фільтраційне сушіння. Визначення гідродинамічних параметрів цього процесу дозволяє прогнозувати енергетичні витрати та оптимізувати сушіння, що сприятиме підвищенню ефективності виробництва альтернативного біопалива. Дослідження гідродинаміки стаціонарного шару шроту моркви дикої здійснювали за різних висот матеріалу у контейнері, зокрема: 30 мм, 60 мм, 90 мм, 120 мм, 150 мм. Результати експериментальних досліджень втрат тиску від фіктивної швидкості газового потоку за різних висот стаціонарного шару наведено на рис.1.

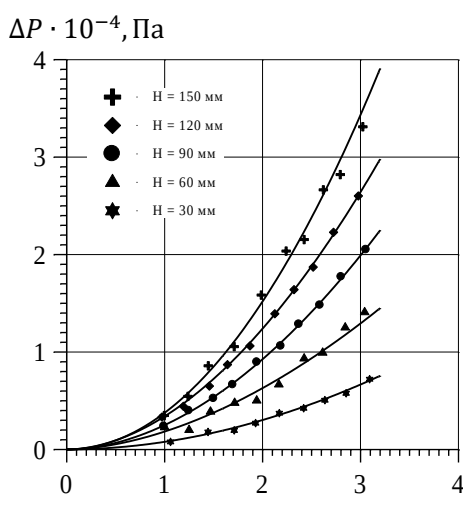


Рис. 1. Залежність втрат тиску  $\Delta P$  у стаціонарному шарі шроту моркви дикої за різної висоти  $H$  від фіктивної швидкості фільтрування газового потоку  $v_0$

Апроксимувавши отримані експериментальні дані, отримали таке рівняння для визначення втрат тиску:

$$\frac{\Delta P}{H \cdot v_0} = 5000 + 22000 \cdot v_0. \quad (1)$$

Рівняння (1) у межах досліджуваних швидкостей можна застосовувати для прогнозування втрат тиску та вибору обладнання для фільтраційного сушіння шроту моркви дикої.

ГУСЕВА К.Д., ПОПОВА Л.О. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ У СФЕРІ «ЗЕЛЕНОЇ» ТА «СИНЬОЇ» ІНФРАСТРУКТУРИ В ОДЕСІ

*Національний університет "Одеська політехніка"*

*65044, пр. Шевченка, 1, Одеса, Україна; husieva.k.d@op.edu.ua*

**Abstract.** In Odesa, there is a need to intensify the development of green and blue infrastructure, primarily by forming a green belt, creating green roofs and walls, as well as applying the innovative methods of arranging the sea coastline within the city and creating safe recreational areas near adjacent estuaries and ponds. When creating new green areas, it is worth paying attention to drought-resistant low-growing trees, shrubs and perennial tall grasses of local origin.

Для підвищення комфортності проживання населення необхідна стратегія міського розвитку щодо збільшення частки «зеленої» та «синьої» інфраструктури. Термін «зелена» інфраструктура позначає стратегічно сплановану та керовану мережу природних зон та відкритих просторів, що надає широкий спектр екосистемних послуг. «Сині» зони включають сукупність водних об'єктів у межах міста та прилеглий території.

Площа зелених насаджень міста Одеси становить 742 га, що складає 7,4 м<sup>2</sup>/особу; це відповідає 61,7% проти діючого в державі нормативу у 12 м<sup>2</sup>/особу для міст рівня Одеси. Основними водними об'єктами, розташованими поблизу міста, є Одеська затока Чорного моря, Куяльницький, Хаджибейський та Сухий лимани; крім того, в межах міста є низка ставків.

Вивчення світового досвіду дає можливість знайти інноваційні підходи до розбудови «зеленої» та «синьої» інфраструктури в Одесі. В умовах посушливих територій пропонується використовувати зрошування ґрунтовими водами або побутовими стічними водами після очистки. Для максимального теплового комфорту протягом року, в центрі міста найкраще висаджувати невеликі дерева, чагарники та трав'яні рослини на відкритих галявинах, а в передмісті – високі дерева з широкою кроною. Дж. Ньюел розглядає перспективи розвитку міського сільського господарства.

Найефективнішим способом розширення зелених зон в Одесі є формування зеленого поясу, що становить систему екологічних коридорів навколо історичного центру міста. Такий пояс має включати в себе приморські схили, парки, сади, сквери та озеленені бульвари і вулиці, а у подальшому озеленення доцільно розширити на всі райони міста та околиці. Також, перспективним видається популяризація створення зелених дахів та стін. З огляду на досить стрімкі зміни клімату, зокрема зростання посушливості, необхідно провести сучасні дослідження щодо оптимального набору рослин для озеленення. Так, в агрономічних та екологічних публікаціях останніх років з'являється інформація про можливість вирощування в умовах півдня України екзотичних декоративних та плодових дерев, а також про доцільність висаджування неінвазійних видів низькорослих дерев та багаторічних високорослих трав, які потребують значно легшого догляду, ніж газонна трава. У місті Одеса варто звернути увагу на посухостійкі та витривалі деревно-чагарникові та трав'яні рослини, притаманні Південностеповій зоні України.

Проекти з відновлення міського середовища у контексті «міських зелених та синіх зон» часто передбачають як збільшення кількості, так і підвищення якості рослинності та водойм, напр., за рахунок висадки дерев, розширення річкових русел, кращої підтримки інфраструктури та прибирання сміття, що сприяє покращенню естетичного та безпечного сприйняття простору мешканцями, а також забезпечує збереження біорізноманіття. В роботі А. Брідес та ін. наведено негативні наслідки традиційного укріплення морських берегів та обґрунтовано альтернативні шляхи облаштування берегової лінії з використанням природо-орієнтованих методів, таких як живі узбережжя, еко-узбережжя або еко-інженерні узбережжя. Рекомендуються такі практичні елементи дизайну, такі як збільшення кривизни берегової лінії, зменшення нахилу берегової лінії, збільшення шорсткості поверхні та проникнення світла, використання альтернативних матеріалів та включення водоутримувальних функцій.

СЛЮТА А.М., ЖАРЧЕНКО А.М. (УКРАЇНА, ЧЕРНІГІВ)

## РОЗВИТОК ЕНЕРГООЩАДНОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЧЕРЕЗ STEM-ОСВІТУ В КОНТЕКСТІ ВИРОБНИЧОЇ (ПЕДАГОГІЧНОЇ) ПРАКТИКИ

*Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка  
14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, Україна; sliuta.alina@ukr.net*

**Abstract.** The article examines the role of STEM education in developing energy-efficient thinking among higher education students to prepare them for applying their knowledge during industrial (pedagogical) practice. It analyzes the impact of an integrated approach on teaching students methods for assessing energy efficiency, utilizing renewable energy sources, and implementing energy-saving technologies in geography education.

Здатність оцінювати вплив енергоспоживання на довкілля, ефективно використовувати енергоресурси та впроваджувати енергоощадні технології є необхідними складовими професійної компетентності сучасного педагога. Використання STEM-освіти у підготовці студентів-географів сприяє розвитку практичних навичок у сфері енергоефективності, аналізу відновлюваних джерел енергії та оптимізації споживання енергоресурсів. Інтеграція природничих наук, технологій, інженерії та математики дозволяє майбутнім педагогам застосовувати міждисциплінарний підхід до вивчення проблем енергозбереження та розробки інноваційних методик навчання. Особливо актуальним є застосування цих знань у процесі виробничої (педагогічної) практики, коли студенти можуть апробувати інноваційні методи викладання у реальному освітньому середовищі. Одним із важливих аспектів STEM-освіти є розвиток дослідницьких навичок у студентів, що включає: використання геоінформаційних систем (ГІС) для аналізу рівня енергоспоживання у міських та сільських територіях; проведення польових експериментів щодо енергоефективності; виконання лабораторних досліджень з оцінки ефективності використання відновлюваних джерел енергії.

У процесі виробничої (педагогічної) практики студенти можуть застосовувати STEM-методи для розробки та реалізації інтерактивних освітніх проєктів, що передбачають: виконання розрахунків вуглецевого сліду шкіл та освітніх установ; аналіз енергетичного балансу навчальних закладів з метою оптимізації їхнього енергоспоживання; впровадження STEM-завдань, що моделюють сценарії раціонального використання енергії та прогнозування змін клімату. Важливим етапом є розробка навчальних проєктів та практичних кейсів для учнів закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО), які допоможуть їм усвідомити роль енергоощадності у повсякденному житті. Наприклад, студенти-географи можуть організовувати уроки-дослідження, де здобувачі освіти вивчають ефективність використання альтернативних джерел енергії у своєму регіоні, створюють карти сонячної та вітрової активності, аналізують дані про рівень споживання електроенергії у власних домогосподарствах.

Таким чином, STEM-освіта створює широкі можливості для розвитку енергоощадного мислення у майбутніх педагогів, забезпечуючи їх необхідними знаннями та навичками для викладання географії з урахуванням принципів сталого розвитку. Впровадження інтегрованих підходів до викладання географії дозволяє підготувати висококваліфікованих спеціалістів, які зможуть ефективно використовувати енергоощадні технології у своїй професійній діяльності. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку методичних рекомендацій щодо інтеграції STEM-методик у шкільну географічну освіту, створення спеціалізованих навчальних модулів з енергоменеджменту та розширення можливостей практичного застосування отриманих знань у реальних освітніх проєктах.

СЛЮТА А.М., ХОЛЯВКО Д.Р. (УКРАЇНА, ЧЕРНІГІВ)

## КОНЦЕПЦІЯ "РОЗУМНЕ МІСТО" ПРИ ВИКЛАДАННІ ГЕОГРАФІЇ В СТАРШІЙ ШКОЛІ: ІНТЕГРАЦІЯ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕНЕРГООЩАДНОСТІ

*Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка  
14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, Україна; sliuta.alina@ukr.net*

**Abstract.** The concept of a "smart city" is integrated into the teaching of geography, promoting the development of students' skills in analyzing urban space and implementing energy-efficient technologies. The use of GIS technologies and research projects allows for the study of ecological and energy processes in cities. This enables high school students to apply modern technologies to address current issues of urbanization and sustainable development.

Концепція "розумного міста" (Smart City) є одним із ключових напрямів сталого розвитку, що поєднує інноваційні рішення для ефективного управління ресурсами, зменшення негативного впливу на довкілля та підвищення якості життя населення. Інтеграція цієї концепції у викладання географії сприяє формуванню у здобувачів освіти 10-11 класів системного мислення, розвитку навичок аналізу міського простору та впровадження енергоощадних технологій через науково-дослідницькі завдання. "Розумне місто" передбачає використання інформаційних технологій, енергоефективних рішень та інноваційного управління для оптимізації функціонування міських систем. Основними складовими такої концепції є: розумне енергозабезпечення (ефективне використання відновлюваних джерел енергії, впровадження енергоощадних будівель); розумний транспорт (електромобілі, розвиток громадського транспорту); розумне водопостачання та утилізація відходів (оптимізація використання водних ресурсів, зменшення забруднення навколишнього середовища); цифрові технології в міському управлінні (ГІС-технології, "Інтернет речей" для аналізу міських процесів).

Викладання географії має значний потенціал для впровадження принципів сталого розвитку та енергоощадності через аналіз міських процесів. Важливими освітніми компонентами є: використання ГІС-технологій для дослідження рівня забруднення повітря, шумового навантаження та розподілу зелених зон у містах; проведення науково-дослідницьких проєктів здобувачами освіти, зокрема аналіз структури розселення, транспортних потоків та екологічної ситуації у містах; виконання практичних робіт із розрахунку вуглецевого сліду міст та районів; розробка проєктів із впровадження енергоощадних рішень у школах та громадах. STEM-освіта дозволяє здобувачам освіти старшої школи інтегрувати наукові знання та технологічні розробки для аналізу міських територій. У межах освітнього процесу можуть бути застосовані такі методи, як: моделювання міських систем за допомогою спеціалізованих програмних платформ (наприклад, ArcGIS, QGIS, Google Earth); використання сенсорних технологій та мобільних застосунків для моніторингу температури, якості повітря та рівня шуму в різних частинах міста; аналіз ефективності використання енергоресурсів у межах міських територій.

Використання концепції "розумного міста" у шкільному курсі географії дозволяє залучати здобувачів освіти до проєктної діяльності, лабораторних експериментів та інтерактивних навчальних завдань. Наприклад: організація експериментальних уроків, де здобувачі освіти досліджують рівень енергоефективності своєї школи; використання дистанційного зондування Землі для аналізу змін міського середовища; проведення екскурсій та дослідницьких виїздів у міські екопарки, на сонячні електростанції, об'єкти розумної інфраструктури.

ЧЕРЕПАХА Д. В. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВІННИЧЧИНИ В БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; mlemeshev@i.ua*

**Abstract.** As a result of the conducted research, it can be stated that the use of industrial waste in the technology of production of building materials makes it possible to obtain a new effective ash phosphate binder. Therefore, the use of such industrial waste is an economically profitable and expedient solution.

Сучасний стан економіки України потребує негайного впровадження ресурсозберігаючих технологій виготовлення ефективних будівельних матеріалів. Накопичені у відвалах підприємств енергетичної галузі золо-шлакові відходи є одним з різновидів таких сировинних ресурсів для виготовлення будівельних виробів. Широкомасштабного використання в промисловості будматеріалів також не набули шкідливі відходи підприємств хімічної галузі [1-2].

В Україні щорічно утворюється 7- 9 млн тонн золи-винос та шлаків. Основні складові золи-винос -  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  перебувають переважно у вигляді скловидних фаз, тому їх можна вважати інертними компонентами [3-4]. Кількість  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  суттєво впливає на основні фізико-хімічні властивості золи виносу.

Фосфогіпсові відходи є побічним продуктом при виробництві фосфорної кислоти екстракційним способом. В залежності від температурно-концентраційних умов розкладання фосфатної сировини тверда фаза сульфату кальцію може бути представлена однією з трьох форм: дигідратом, напівгидратом або ангідритом.

За хімічним складом фосфогіпсові відходи можна віднести до гіпсової сировини, оскільки вони на 80-95% складаються з сульфату кальцію. Однак, в силу особливостей їх отримання, мають місце ряд негативних властивостей: підвищена вологість, наявність кислих залишків та ін. [5].

Використання попередньо активованої золи-винос, як заповнювача у складі формувальних розчинів є одним з перспективних шляхів ресурсозбереження.

Комплексний метод механо-хімічної активації золи-винос передбачає руйнування її поверхні склоподібної оболонки шляхом використання кислотних залишків [6-7]. Застосування механічного перемішування золо-фосфогіпсової сумішей у спеціально розробленому прохідному змішувачі сприятиме більш повній руйнації скловидних оболонок золи-винос [8].

### Література

1. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
2. Березюк, О. В., М. С. Лемешев, and В. П. Ковальський. "Будівельні вироби з механо-активованих промислових, побутових відходів." (2023).
3. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61
5. Лемешев М.С. В'яжуче на основі промислових відходів // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017: матер. междунар. научно-практ. Интернет-конф., 10-17 октября 2017 г. SWorld, 2017.
6. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
7. Лемішко, К. К. "Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів." (2019).
8. Лемішко, К. К. Безвідходна технологія виготовлення будівельних виробів. ВНТУ, 2018

ГАРБАР Ю. С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; mlemeshev@i.ua*

**Abstract.** A fire-resistant composite material has been obtained using industrial waste, which is a new type of special concrete and can be used to produce fire-retardant coatings for load-bearing building structures. Tests of the resistance of products to high temperatures showed that when heating samples to 700 °C, the loss of mass of the samples did not exceed 10%.

Серед існуючих методів захисту несучих елементів будівель від впливу високих температур є екранування поверхонь конструкцій захисними покриттями. Поширеного використання у якості покриттів пасивного протипожежного захисту набули композиційні матеріали ніздрюватої структури, отриманні на основі традиційних мінеральних в'язучих [1-2].

Спеціальні оздоблювальні покриття виготовлені з поризованих бетонних сумішей набувають поширеного використання для екранування високотемпературних полів завдяки притаманним для таких штучних конгломератів поліфункціональних властивостей. Для виготовлення будівельних виробів ніздрюватої структури традиційно використовуються мінеральні в'язучі на основі портландцементів. Відомо, стійкість структури цементного каменю забезпечується при нагріванні його до 600°C [3], подальше зростання температури супроводжується структурними змінами водовмісних сполук клінкерних мінералів і спричиняє інтенсивне тріщиноутворення будівельних виробів та подальше руйнування конструкції [4-6].

Застосування комплексної технології фізико-хімічної активації таких промислових відходів, як фосфогіпс, золи-виносу і металеві шлами, дозволило отримати новий різновид вогнезахисних будівельних матеріалів. В результаті штучного синтезу фізико-хімічних процесів структуроутворення металофосфатних зв'язок і використання заповнювачем золи-виносу отримано дисперснонаповнені структури з низьким вмістом вільної рідкої фази [7-8].

Отриманий композиційний матеріал є новим різновидом спеціальних бетонів і може використовуватись для виготовлення вогнезахисного покриття металевих конструкцій. Випробування стійкості виробів до температурних впливів показали, що при нагріванні зразків до 700 °C втрати маси склали 10,2 %.

Для встановлення прогнозованих експлуатаційних характеристик матеріалу планується проведення досліджень взаємозв'язку технологічних параметрів сировинних сумішей і показників макро- і мікроструктури виробів.

### Література

1. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
2. Гарбар, Ю. С. Спеціальні вогнезахисні покриття для металевих конструкцій. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2020.
3. Лемешев М.С. Електропровідні бетони для захисту від статичної електрики // Перспективні досягнення сучасних вчених: матер. наук. симп., 19-20 вер. 2017 р. Одеса.
4. Лемішко, К. К., М. Ю. Стаднійчук, and М. С. Лемешев. "Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів." (2019).
5. Іванов, О. А. Композиційні вогнетривкі бетони. Національний університет цивільного захисту України, 2024.
6. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
7. Сорока, С. В. "Комплексне використання техногенних відходів промисловості для виготовлення будівельних виробів." Прикладні науково-технічні дослідження: 22- 26. (2019).
8. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).

КУЦИК В.В. (УКРАЇНА, ЧЕРНІВЦІ)

## РАННЬОВЕСНЯНІ РОСЛИНИ ЗАПОВІДНОГО УРОЧИЩА «ДЕРЕВНИЦЯ»

*Републіканський опорний заклад загальної середньої освіти Кадубовецької сільської ради, КЗ «Чернівецький обласний центр еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді»*

59441, вул. Центральна, 54; КЗ ЧОЦЕНТУМ, вул. О. Криворучка 57, Чернівці, Україна;  
valentinakuzminska@ukr.net

**Abstract.** Over the past decades, the number of species and the state of distribution of early flowering plants in Ukraine have significantly decreased. Some species are on the verge of extinction. This is due to the economic development of primrose growing areas and the attempts of certain people to turn them into a means of earning money. The high decorativeness of primroses has led to a reduction in their number due to mass collection for bouquets, digging and sale in large cities. There are spring species that are valued for their food and medicinal properties. Objects of the nature reserve fund are refugiums, in the territories of which rare and endangered plants get a chance to be preserved and restored.

Мета роботи – вивчення ранньовесняних рослин заповідного урочища «Деревниця» впродовж 2023-2024 років. Завдання роботи: виявити видову різноманітність ранньоквітучих рослин заповідного урочища «Деревниця» та оцінити їх соціологічний статус; визначити характер розміщення рослин та фенофазу; створити фотоальбом та буклет «Ранньоквітучі рослини заповідного урочища «Деревниця»; провести просвітницьку роботу серед учнів школи та населення села щодо збереження первоцвітів.

В ході дослідження в урочищі «Деревниця» було виявлено 14 видів ранньоквітучих рослин. А саме: підсніжник білосніжний або звичайний (*Galanthus nivalis* L.), фіалка запашна (*Viola odorata* L.), ряст щільний або бульбистий (*Corydalis solida* L.), анемона жовтецева (*Anemone ranunculoides* L.), анемона дібровна (*Anemone nemorosa* L.), проліска дволиста (*Scilla bifolia* L.), печіночниця звичайна (*Hepatica nobilis* Gars.), первоцвіт лікарський (П. весняний, П. справжній) (*Primula veris* L.; *Primula officinalis* Hill.), медунка темна (*Pulmonaria obscura* Dum.), копитняк європейський (*Asarum europaeum* L.), сон великий (*Pulsatilla grandis* Wender), пшінка весняна (*Ficaria verna* [Huds.](#), *Ranunculus ficaria* L.), чемерник червонуватий (*Helleborus purpurascens* L.), рівноплідник рутвицелистий (*Isopyrum thalictroides* L.). Систематичний аналіз виявлених рослин дозволив встановити, що вони належать до 13 родів та 8 різних родин. Найбільше виявлено представників родини жовтецевих – 7 видів. Усі виявлені види належать до полікарпиків, тобто є багаторічними.

За біотопічною приуроченістю переважають неморальні види (64,2 %), на узліссі зростає 28,5 %, на схилах – 7,1 %. По відношенню до світла – більшість видів тіньовитривалі (57,1 %), за вологолюбивістю 93 % видів належать до рослин, які зростають у місцях з середньою та підвищеною вологістю.

За характером розміщення рослин по 35 % видів зростають рівномірно та групами, 28,6 % (рівномірно – 5 видів, групами – 5, рідкими скупченнями – 4); за фенофазою – усі рослини були у стадії цвітіння.

Серед 14 зареєстрованих видів ранньоквітучих рослин підсніжник звичайний (*Galanthus nivalis* L.) та сон великий занесені до Червоної книги України (2009), а сон великий (*Pulsatilla grandis* Wender) до Додатку I до Бернської конвенції і Додатку II Директиви ЄС про біотопи.

Для збереження і відтворення ранньовесняних видів в умовах заповідного урочища «Деревниця» необхідно проводити комплекс заходів: продовження інвентаризаційних робіт, припинення збору квітів, виривання і викопування рослин, здійснення постійного моніторингу стану популяцій для своєчасного застосування активних заходів охорони.

## ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ЕКОСИСТЕМУ УКРАЇНИ

*Кременецький лісотехнічний фаховий коледж**вул. Молодіжна, 1, с. Білокриниця Кременецький р-н, Тернопільська обл, Україна;**kovalchukolja@ukr.net*

**Abstract.** Since the beginning of the full-scale invasion of Russian troops into Ukraine, environmental safety under martial law has been a global problem due to the possibility of a humanitarian catastrophe as a result of hostilities. Environmental damage during armed conflict is typically caused in four ways by the conduct of hostilities: the use of weapons and tactics, the extraction and exploitation of natural resources.

Війна надзвичайно негативно впливає на навколишнє середовище, але масштаби цього впливу виміряти та оцінити, доки ведуться бойові дії, на жаль – неможливо. Ризики виникають через важкі метали, пов'язані з боєприпасами, енергетичні сполуки, такі як тринітротолуол, гексоген, а також ракетне паливо [1]. Бойові дії порушують спокій диких тварин, вони або гинуть, або намагаються втекти з гарячих точок і мігрувати у безпечні місця. Якщо бойові дії будуть тривати і далі, є великий ризик для загибелі цілих популяцій птахів і тварин, це стосується і свійських тварин, яких залишили господарі, котрі рятували власне життя. Україна є однією з найбільш багатих країн Європи з точки зору біорізноманіття. Українські екосистеми містять значну кількість унікальних видів рослин і тварин, включаючи багато рідкісних і зникаючих видів. Це має важливе значення для збереження природних ресурсів та підтримки екологічної рівноваги в Європі [2]. Величезної шкоди від війни зазнає атмосферне повітря. На нього прийшовся масований удар: це і викиди від лісових пожеж, пожеж на нафтобазах, промислових об'єктах, викиди від детонації боєприпасів, ракетні та артилерійські удари. Війна поглиблює кліматичну кризу, викликаючи значні викиди вуглекислого газу та інших парникових газів в атмосферу. Але, на жаль, чим довше будуть продовжуватись обстріли, то тим більше будуть зазнавати шкоди цілі популяції, та і усе біорізноманіття. Дуже багато видів флори і фауни, безслідно знищені, втрачається чи не весь генофонд. Стихійні сміттєзвалища залишають по собі російські окупанти, уламки від снарядів, забруднення від паливно-мастильних матеріалів на довгі роки будуть забруднювати ґрунтове, повітряне та водне середовище. Екосистема буде дуже довгий період відновлюватись від пережитого, а вже не говорячи, про людей, котрі втратили рідних, близьких, життя та здоров'я.

Рф знищує українську землю нещадно, свідомо, не вагаючись, порушує право на безпечне та нормальне для життя та здоров'я, довкілля не лише громадян України, живих організмів, а й всього людства. За весь період формування екосистема України не зазнавала такого масштабного негативного впливу. Багато видів рослин, тварин безповоротно зникли, це не говорячи – скільки людей ми втратили, молодих, у яких починалось життя, а окупант просто знищив. Наслідки екоциду будуть відчутними на довгі роки.

Список використаних джерел

5. Николаев А., Стефурак Д. Вплив та наслідки російського військового вторгнення до України на екологію. Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування: матеріали III науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Україна, м. Ужгород, 7-9 грудня 2022 р.). Ужгород: ПП Данило С.І., 2022. С. 47-51.
7. Екодія URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html> (дата звернення 10.11.2024).

ГУМЕННА В.В., КУДРЯШОВА К.О., ХЛОПИЦЬКИЙ О.О., СИМОНОВ В.В.  
(УКРАЇНА, ДНІПРО)

## ПОТЕНЦІАЛ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВТОРИННОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ

*Український державний університет науки і технологій. Навчально-науковий інститут  
Український державний хіміко-технологічний університет, вул. Лазаряна, 2, м.Дніпро, 49000*

**Abstract.** The article considers the possibilities of efficient use of ash and slag waste generated by coal combustion at thermal power plants. The environmental and economic aspects of their utilization, including the extraction of valuable components, are highlighted. Examples of the use of the obtained materials in various industries are given. International experience in the field of ash and slag waste management and the possibility of its implementation in Ukraine to optimize resource conservation and reduce the man-made impact on the environment are analyzed.

Сталий розвиток в екологічному контексті є не лише концепцією, а й нагальною необхідністю для збереження екологічної рівноваги та раціонального використання ресурсів. У сучасних умовах сталого розвитку особливого значення набувають ефективні методи управління промисловими відходами. Одним із найперспективніших напрямків є комплексна переробка золошлакових відходів (ЗШВ), які утворюються внаслідок спалювання вугілля на теплових електростанціях. Ці відходи містять цінні компоненти, такі як оксиди кремнію, алюмінію, заліза, а також рідкісноземельні елементи.

Важливим є також екологічний аспект. Шлакові відходи часто займають великі площі, спричиняють забруднення ґрунтів і водних ресурсів та містять потенційно небезпечні речовини. Зменшення їхнього накопичення шляхом вилучення цінних компонентів дозволяє не лише отримати додаткові матеріали, а й значно знизити ризики для довкілля. До того ж це сприяє зменшенню обсягів видобутку природних ресурсів, що знижує техногенний тиск на екосистеми.

Золошлакові відходи мають значний потенціал для повторного використання, оскільки містять низку цінних компонентів. Алюміній має багато застосувань у промисловості, оскільки він має високу корозійну стійкість і малу вагу, що дозволяє використовувати його в електрообладнанні та авіаційній сталі, а також у виробництві металевих сплавів. Рідкісноземельні елементи, такі як неодим, ітрій і лантан, вилученні з золошлакових відходів, відіграють важливу роль у виробництві високотехнологічних пристроїв, забезпечуючи роботу електродвигунів з магнітами, допомагають жити акумуляторні батареї та світлодіоди, а також працюють в якості каталізаторів для мінімізації викидів автомобілів. Залізовмісні компоненти можуть використовуватися в металургії для отримання феросплавів, а кремнезем із шлакових матеріалів – у виробництві цементу та силікатної кераміки. Ефективна утилізація та переробка золошлакових відходів не лише зменшує їх накопичення, але й сприяє розвитку ресурсозберігаючих технологій у промисловості, що дозволяє відмовитися від використання первинної сировини та зменшити шкоду, завдану довкіллю.

Міжнародний досвід демонструє, що такі країни, як Німеччина, Китай та США, активно застосовують комбіновані технології для максимального використання потенціалу шлакових відходів. У Європі розроблено регламенти щодо обов'язкового включення золовмісних матеріалів у виробництво будівельних сумішей. Китай інвестує в розширення хімічного вилучення рідкісноземельних елементів, що дозволяє суттєво зменшити імпорту стратегічних ресурсів.

Комплексний підхід до їх утилізації дозволяє не лише зменшити навантаження на довкілля, а й отримати економічну вигоду шляхом повторного використання цінних матеріалів. Впровадження інноваційних технологій разом зі міжнародного досвіду та вдосконалення законодавчої бази в Україні можуть сприяти ефективному управлінню промисловими відходами і зниженню залежності від імпорту та безпосереднього видобутку критично важливих ресурсів.

РЕМІЗОВА О. О.<sup>1</sup>, КОРОГОДОВА О. О.<sup>2</sup> (УКРАЇНА, КИЇВ)

### 3D-ДРУК ОРГАНІЧНИХ БІОПОЛІМЕРІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ МЕДИЧНИХ ІМПЛАНТАТІВ

<sup>1</sup>Економіко-правовий ліцей II-III ст. Деснянського району м. Києва, 11-е  
02156, вул. Мільотенка, буд. 5-Б, м.Київ, Україна,

<sup>2</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, 03056, просп. Берестейський, 37, м.Київ, Україна

**Abstract.** The work is devoted to the topic of 3-D printing of organs using the production of biomass produced by various methods, in particular, the use of organic biopolymers and hydrogel to reduce the desired structure and completely replace the work of the organ.

3D-друк у медицині допомагає у розробці протезів зубів, кінцівок, частин хребта, а також трансплантації серця та інших життєво важливих органів. Ця технологія набуває особливої актуальності, оскільки надає можливість вирішувати морально-етичні проблеми, адже при виготовленні індивідуальних органів використовуються власні клітини пацієнта. Так, дефіцит донорів органів є серйозною проблемою для сучасної охорони здоров'я, оскільки попит на трансплантацію органів значно перевищує пропозицію [1]. Для виконання роботи використовуються принтери, що наносять шари біоматеріалу, які містять в собі живі клітини, з метою створення складних біологічних структур, таких, як кровоносні судини або шкіра. Необхідні клітини беруть у пацієнта та культивують до досягнення кількості, достатньої для виготовлення «біо-чорнил». Однак у деяких випадках це може бути складним завданням, тому для створення певних типів тканин використовують стовбурові клітини, а також альтернативні матеріали, такі як свинячий колагеновий білок або компоненти морських водоростей.

На основі комп'ютерних проектів і моделей, сканувань МРТ, зроблених безпосередньо у пацієнта, головки принтера розміщують клітини саме там, де вони необхідні, і протягом декількох годин органічний об'єкт будується з великої кількості дуже тонких шарів. Більшість біопринтерів також постачають розчинний гель або колагеновий каркас, до якого клітини можуть прикріплюватися і рости. Це допомагає їм формуватися і стабілізуватися в правильній формі [2]. Принципи 3D біодруку ґрунтуються на трьох основних аспектах: методи біодруку, які використовуються для створення специфічних структур тканини; розробка біочорнил, що інкапсулюють компоненти живих клітин; і синтез біосумісних матеріалів, придатних для використання в якості каркасних структур, які складаються з опорної матриці, а також самих клітин [1]. Для досягнення ефективної регенерації клітини пацієнта інкубують разом з біоматеріалами, найчастіше гідрогелями, до моменту імплантації. Гідрогелі, завдяки своїй структурі та властивостям, імітують природний позаклітинний матрикс, створюючи сприятливе мікрооточення для клітин та стимулюючи процеси регенерації [3]. Таким чином, тканинна інженерія відкриває нові горизонти в лікуванні багатьох захворювань та травм. Завдяки поєднанню передових технологій комп'ютерного моделювання, біодруку та біоматеріалів можна створювати імпланти, що відповідають індивідуальним потребам пацієнта, сприяючи ефективній регенерації тканин і зменшенню ризику відторгнення. Ці інноваційні методи відкривають нові можливості для лікування складних захворювань, травм та відновлення функцій органів, що робить їх важливим кроком до персоналізованої медицини та вдосконалення підходів у хірургії.

Список використаних джерел:

- 1) Bizimana, R. T. (2024). 3D Bioprinting Tissues: Revolutionizing Organ Transplants. Research Output Journal of Biological and Applied Science, 4(3), 26-29. DOI:<https://doi.org/10.59298/ROJBAS/2024/4326293>.
- 2) 3D-біопринтинг: що це таке та які органи вже можна надрукувати. URL: <https://www.imena.ua/blog/3d-bioprint-part-1>.
- 3) Ящук С. С. Технологія одержання лікарських форм з пролонгованою дією на основі водорозчинних полімерів. – Київ : КНУТД, 2024. – 97 с. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/28670>.

АНТОНОВ М.Д., МАЛЬОВАНІЙ М.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**АКТУАЛЬНІСТЬ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В КОНТЕКСТІ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ***Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська Політехніка» 79013, пл.Св.Юра 3/4, 8-й навч. к.; ezp.dept@lpnu.ua*

**Abstract:** the work is dedicated to the current issue of forecasting climate parameters in the context of the regular trends of adaptation by all subjects to climate change. The aim of the research is to draw attention to the escalating problem of accelerated climate change due to harmful anthropogenic impacts by humanity. The analysis has shown that humanity's ever-increasing harm to the environment disproportionately exceeds efforts for adaptation to climate change, which directly affects economic (industry, energy, trade), social (public health, food security and demographic sectors), and other critical areas of human activity.

Прогнозування кліматичних параметрів в умовах людської діяльності набуває особливої актуальності, оскільки неправильне або недостатнє врахування цих факторів може призвести до серйозних наслідків для екології, економіки та людського здоров'я.

Дослідження Міжурядової панелі з питань зміни клімату (ІРСС) доводять, що глобальна зміна клімату - одна з найважливіших та найбільших екологічних проблем 21 століття. В серпні 2021 року в результаті підписання Шостого звіту про стан глобальної зміни клімату, визначено, що саме антропогенний вплив є найбільш визначальним фактором зміни клімату, починаючи з 1951 року, а загальний вплив людини збільшує температуру клімату на планеті з безпрецедентними за останні дві тисячі років темпами.

За даними ІРСС, концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері збільшилася з 280 ppm (частин на мільйон) до понад 400 ppm з початку індустриальної ери. Це сприяє підвищенню температури планети, що веде до зміщення кліматичних зон, підвищення рівня моря та частішання екстремальних погодних явищ, таких як посухи, урагани та повені. За даними окремих досліджень, сучасний рівень CO<sub>2</sub> є рекордним за останній 1 млн. років. Лідерами серед джерел вироблення CO<sub>2</sub> є найбільші економіки світу (Таблиця 1).

Таблиця 1.

**Світові лідери 21 ст. з викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу**

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| Китай                    | 10.540.000 тисяч тон на рік |
| США                      | 5.334.000 тисяч тон на рік  |
| Суб'єкти ЄС у сукупності | 3.415.000 тисяч тон на рік  |

Наслідками цього є те, що за даними Організації Об'єднаних Націй, замість обмеження глобального потепління на рівні до 1,5°C в рамках Паризької угоди 2015 року, нині світ перебуває на шляху до потепління на рівні 3,2°C до 2100 року.

Зміни погодних умов (підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів, які мають зливовий характер у теплий період, неефективне накопичення вологи в ґрунтах) зумовлюють збільшення кількості та інтенсивності посушливих явищ. Разом з іншими негативними чинниками антропогенного впливу це може призводити до розширення зони ризикового землеробства та до опустелювання.

Серед пропозицій для вирішення проблеми прогнозування кліматичних параметрів виділяємо: 1) **впровадження стратегії скорочення викидів;** 2) **збереження і відновлення лісів** (поглинання вуглецю, зниження парникового ефекту, підтримка біорізноманіття та водного балансу); 3) **розвиток технологій для прогнозування кліматичних змін** (підвищення точності прогнозів, покращення моделювання кліматичних процесів, моніторинг антропогенних); 4) **міжнародне співробітництво та розвиток нормативних ініціативи на міжнародному рівні та встановлення відповідальності за їх порушення;** 5) **впровадження «зеленої політики».**

Таким чином, прогнозування кліматичних параметрів в умовах антропогенного впливу є важливим кроком до розуміння і мінімізації наслідків людської діяльності для планети. Вжиття своєчасних заходів, спрямованих на скорочення викидів парникових газів та збереження екосистем, допоможе зменшити негативний вплив на клімат і забезпечити стійкий розвиток у майбутньому.

РЕМІЗОВА О. О., ГЛУЩЕНКО Я. І. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ ЯК БІОПАЛИВА НОВОГО ПОКОЛІННЯ

<sup>1</sup>Економіко-правовий ліцей II-III ст. Деснянського району м. Києва, 11-е  
02156, вул. Мільотенка, буд. 5-Б, м.Київ, Україна,<sup>2</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, 03056, просп. Берестейський, 37, м.Київ, Україна

**Abstract.** These theses discuss the role of biofuels in Europe, particularly biodiesel, bioethanol, and biomethane, which are rapidly gaining popularity, as well as the potential use of algae for fuel production. Three types of algae have been identified as potential sources for new biofuels.

Біопаливо відіграє дедалі важливішу роль у скороченні викидів у транспортному секторі ЄС. Попит на біодизель, біобензин і біометан швидко зростає, а кількість біогазових станцій у Європі досягла понад 20 тисяч у 2022р. [1]. Біоенергетика вже створює багато робочих місць та приносить мільярдні доходи, і ці показники можуть значно зрости. Ринок біопалива щороку збільшуватиметься на 20% і до 2030 року досягне 58 млн тонн. Через зростаючий попит на сировину мікроводорості стають перспективним джерелом біодизеля та біоводню. За даними Міжнародного енергетичного агентства, вони можуть стати довгостроковою альтернативою традиційним рослинним оліям, які в ЄС мають певні обмеження [2]. Мікроводорості мають значний потенціал як сировина для виробництва біопалива, здатна конкурувати з ріпаком. Вони можуть слугувати джерелом метану, біодизеля та біоводню, а їхня біомаса вирощується у фотобіореакторах або видобувається з водою. США, Канада, Нідерланди, Іспанія та Нова Зеландія вже активно розвивають технології вирощування мікроводоростей та будують біопаливні заводи. Так, із 1 га можна отримати до 95 тис. л олії, що дозволяє виробити понад 47 тис. л дизельного палива. Найперспективнішою в цьому напрямі є колоніальна зелена мікроводорість *Botryococcus braunii*, здатна накопичувати до 75% вуглеводнів у клітинній стінці, які легко екстрагуються та слугують сировиною для дизельного пального [3].

Дослідження науковців з США та Японії показало, що три хімічні раси мікроводорості *Botryococcus braunii* (A, B і L) мають настільки значні генетичні відмінності, що їх слід розглядати як окремі види, а не як варіації однієї рослини. Раніше їх розрізняли лише за типами вироблених вуглеводнів, але тепер проведене порівняльне геномне дослідження підтвердило, що вони мають різні еволюційні лінії. Це відрізняє їх навіть більше, ніж деякі близькі види інших водоростей. Автори пропонують змінити класифікацію та дати нові наукові назви кожному виду. Майбутні дослідження мають допомогти точніше визначити генетичну спорідненість інших представників роду *Botryococcus* та уточнити, які з них дійсно є окремими видами, а які – лише варіаціями одного виду [4].

Результати цього дослідження можуть суттєво вплинути на ринок біопалива. Якщо три хімічні раси цієї водорості дійсно є окремими видами, це відкриває можливості для селекції та біотехнологічних розробок, спрямованих на покращення виробництва певних видів вуглеводнів.

**Список використаних джерел:**

1. Драгнев С. Біопалива, біогаз та внесок біоенергетики в соціально-економічні показники Європи [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uabio.org/materials/17360/>
2. Очікується, що ринок біопалива різко зросте на 20% до 58 млн тонн до 2030 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ukragroconsult.com/news/ochikuyetysya-shho-rynok-biopalyva-rizko-zroste-na-20-do-58-mln-tonn-do-2030-roku/>
3. Бублик О. Із 1 га мікроводоростей можна виробити 47 тис. л дизпалива [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/iz-1-ga-mikrovodorostej-mozhna-vyrobity-47-tys-l-dyzpalyva/>
4. Devon J. Boland, Ivette Cornejo-Corona, Daniel R. Browne<sup>1</sup>, Rebecca L. Murphy<sup>4</sup>, John Mullet, Shigeru Okada, Timothy P. Devarenne. Reclassification of *Botryococcus braunii* chemical races into separate species based on a comparative genomics analysis [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304144>

МИКИТИШИН К.І., ПЕТРУШКА К.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ: ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТА СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ЇХ УСУНЕННЯ***Національний університет «Львівська політехніка»**79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів, Україна; karina.mykytyshyn.eo.2021@lpnu.ua*

**Abstract.** Soil pollution in Ukraine represents a significant environmental challenge with far-reaching consequences for agricultural productivity, public health, and ecosystems. This problem is primarily driven by agricultural practices, industrial waste, hazardous chemicals, and improper waste management. Pesticides, fertilizers, and heavy metals have accumulated in the soil, degrading its fertility and threatening plant and animal life. Additionally, soil pollution exacerbates water contamination, affecting the quality of both surface and groundwater resources. The consequences of this pollution extend beyond ecological disruption, impacting human health through the food chain.

Забруднення ґрунтів є однією з найсерйозніших екологічних проблем, що впливають на природне середовище України. Оскільки ґрунти є основою сільського господарства та важливою частиною екосистеми, їхнє забруднення має далекосяжні наслідки для природи, здоров'я людей і економіки країни. Основні джерела забруднення ґрунтів в Україні це аграрна діяльність, промислові відходи, транспортні викиди та побутові відходи. Однак забруднення ґрунтів також посилюється через неправильне використання земельних ресурсів та зміну клімату. Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище необхідно вивчити природу забруднення ґрунтів, його наслідки та можливі шляхи вирішення цієї проблеми. Сільське господарство використовує велику кількість хімічних добрив, пестицидів та гербіцидів, які потрапляють у ґрунт і забруднюють його. Великі обсяги цих хімікатів накопичуються в ґрунтових шарах, знижуючи їхню родючість і негативно впливаючи на здоров'я рослин і тварин. Промислові підприємства, зокрема хімічні заводи, металургійні комбінати та електростанції, також викидають токсичні речовини, що потрапляють у ґрунти через стоки та викиди в атмосферу. Залишки нафтопродуктів, важких металів та хімічних сполук, які використовуються в різних виробничих процесах, забруднюють ґрунти і погіршують їх екологічні характеристики.

Забруднення ґрунтів має серйозні екологічні наслідки. По-перше, воно призводить до деградації ґрунтових ресурсів, зниження їх родючості і, як результат, - зменшення сільськогосподарського потенціалу. Хімічні сполуки, що накопичуються в ґрунтах, впливають на здоров'я рослин і тварин, змінюють їхній розвиток і здатність до репродукції. Забруднені ґрунти також можуть бути джерелом забруднення водних ресурсів, оскільки хімічні речовини, що потрапляють у ґрунт, здатні мігрувати в підземні води або стікати в річки і озера, забруднюючи водні екосистеми. Крім того, забруднення ґрунтів створює проблеми для здоров'я людей, адже через їжу, що вирощена на таких ґрунтах, токсичні речовини потрапляють в організм, що може спричинити різні захворювання, від отруєнь до ракових хвороб.

Для зменшення забруднення ґрунтів в Україні необхідно впроваджувати комплексні заходи, спрямовані на збереження здоров'я ґрунтів і відновлення їхніх природних функцій. Одним із важливих кроків є застосування сталих сільськогосподарських практик, таких як органічне землеробство, сівозміни, мінімізація використання хімічних добрив і пестицидів. Застосування технологій для очищення ґрунтів від важких металів та токсичних хімічних речовин також є важливим напрямом. Це включає біоремедіацію, застосування фіторемедіації (використання рослин для очищення ґрунтів) та інших методів очищення забруднених територій. Крім того, необхідно вдосконалювати законодавство і контролювати діяльність підприємств, щоб зменшити викиди токсичних речовин в ґрунти.

Забруднення ґрунтів в Україні є серйозною екологічною проблемою, що має негативні наслідки для сільського господарства, здоров'я людей і навколишнього середовища. Для боротьби з цією проблемою необхідно впроваджувати екологічно чисті технології, використовувати методи очищення ґрунтів і посилювати контроль за діяльністю забруднювачів. Тільки комплексний підхід до вирішення цієї проблеми дозволить зберегти ґрунтові ресурси та забезпечити сталий розвиток країни.

СТАДНІЙЧУК М. Ю. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ВІННИЧЧИНИ В БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ

*Вінницький національний технічний університет*

*21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; b15.stadnychuk@gmail.com*

**Abstract.** The use of pre-prepared and activated industrial waste makes it possible to obtain construction products with improved physical and mechanical, operational and special properties.

В результаті проведених аналітичних досліджень встановлено, що найбільшу кількість промислових відходів утворюють підприємства гірничодобувних, металургійних та теплоенергетичних галузей. Техногенні промислові відходи порушують екологічну рівновагу в природному середовищі, є джерелом забруднення навколишнього середовища [1-2].

Використання промислових та побутових відходів в будівельній індустрії дозволить вирішити - екологічну, економічну, та соціальну ситуацію в Україні [3].

Один з найбільш поширених відходів Вінницької області є зола-винос Ладизинської ТЕС. Використання золи-винос в бетонах та розчинах позитивно впливає на основні їх фізико-механічні властивості. По перше: знижується середня густина будівельних виробів в порівнянні з виробами на природні сировині. По друге внаслідок значної гідралічної активності золи-винос зменшується термін теплової обробки та економиться 10-15 % цементу [4-5]. Заміщуючи частину цементу золою-винос, призводить до зниження водопотреби бетонної суміші [6]. Помірний вміст золи в суміші підвищує водонепроникність бетону та зменшенням відкритої пористості бетону [7].

Другим поширеним промисловим техногенним відходом є червоний шлам Миколаївського глиноземного заводу. Дуже важлива особливість червоного шламу - лужна реакція та його дрібнодисперсна будова. Червоний шлам характеризується постійним хімічним складом [8], що дуже важливо для його використання.

Науковцями ВНТУ запропоновано використовувати золу-винос як активну мінеральну добавку. Таку добавку можна отримати після хімічної активації золи-винос (ЗВ) розчином червоного шламу. Активація ЗВ призводить до збільшення міцності зчеплення цементного каменю із ЗВ, що призводить до покращення основних експлуатаційних властивостей будівельних виробів. Автори в своїх дослідженнях [9] встановили, що водопоглинання бетонів на активовані золі-винос зменшується в залежності від активності лужного середовища розчину червоного шламу.

### Література

1. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
2. Лемешев М.С. В'яжуче на основі промислових відходів // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017: матер. междунар. научно-практ. Интернет-конф., 10-17 октября 2017 г. SWorld, 2017.
3. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
5. Hladyshev, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
6. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
7. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
8. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61
9. Stadnychuk, M. Composite materials based on man-made waste. ВНТУ, 2021.

СТАДНІЙЧУК М. Ю., ЛЕМЕШЕВ М. С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

## ЖАРОСТІЙКІ БЕТОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; mlemeshev@i.ua*

**Abstract.** The possibility of using blast furnace slag as aggregates for producing heat-resistant concrete is based on the fact that when heated to a temperature of 800°C, slags have higher strength than Portland cement and traditional fillers. At the same time, slag aggregates are 1.2-2 times cheaper than natural ones and require significantly lower financial costs.

Одними з основних відходів металургійної промисловості є доменні шлаки, які у відвалах займають сотні гектарів землі, забруднюючи навколишнє середовище. Утилізація відходів металургійної промисловості є актуальною економічною та екологічною проблемою у всьому світі. Шлаки характеризуються відносно постійним хімічним складом [1-2]. У нашій країні в промисловості будівельних матеріалів використовується лише близько 20% доменних шлаків [3].

Використання доменних шлаків у виробництві різних видів будівельних матеріалів дає можливість отримувати матеріали з цілим рядом специфічних властивостей, значно знижуючи матеріало- та енергоємність виробництва [4].

Використання жаростійких бетонів дозволяє значно скоротити терміни будівництва та ремонту теплових агрегатів, знизити собівартість та трудомісткість робіт [5].

Основні складові доменного шлаку – кварц, оксиди алюмінію, кальцію та магнію, на які може припадати 85-90% всього складу шлаку. Інші 15–10% можуть включати марганець, сполуки заліза та сірки. Однак слід зазначити, що основні оксиди, що входять до складу шлаку, не зустрічаються у вільній формі [6-7]. У доменному шлаку, охолодженому повітрям, оксиди об'єднуються в силікати та алюмосилікатні мінерали, такі як меліліт, мервініт, волластоніт та ін. [8-9]. У подрібненому та меленому шлаках дані елементи присутні у вигляді скла.

Маючи подібну хіміко-мінералогічну природу з портландцементом, доменні шлаки, реагуючи з гідроокисом кальцію, забезпечують гарне зчеплення цементного каменю із заповнювачем, високу міцність та підвищену довговічність бетону.

Висновок. Використання доменних шлаків призводить до пришвидшеного набору міцності, підвищення довговічності бетону та значно знижуючи матеріало- та енергоємність виробництва.

### Література

1. Hladyshev, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
2. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
3. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61
5. Lemeshev, M., "Use of industrial waste in the construction industry." Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture: 19–25.(2023).
6. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
7. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
8. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and K. Sivak. "Features of the use of industrial waste in the field of building materials." Scientific foundations in research in Engineering. 1.2: 25–32. (2022).
9. Stadniychuk, M., Modified multi-component fast-hardening construction composites. Національний університет "Львівська політехніка", 2021.

ВАЙСБУРД Л., ЄВТУШЕНКО Н.С. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)  
**НОВА ЕНЕРГЕТИЧНА СТРАТЕГІЯ ІЗРАЇЛЮ ГАЗ І СОНЦЕ В ОДНОМУ ЦИКЛІ**  
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*  
61002, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; [omsroot@kpi.kharkov.ua](mailto:omsroot@kpi.kharkov.ua)

**Abstract.** This article explores Israel's recent energy sector developments, focusing on the transition from coal to natural gas and the significant investment in solar energy. The shift to gas-powered plants has led to a reduction in carbon emissions and improved air quality, positively impacting the local ecosystem. However, the construction of new energy facilities may still pose risks to natural habitats without proper environmental safeguards. The article also discusses the growing role of solar energy, highlighting the ecological benefits of solar power plants installed on rooftops, fields, and water bodies. These initiatives not only reduce greenhouse gas emissions but also preserve agricultural land and enhance biodiversity. Furthermore, the article examines how institutional investors, including pension funds, are increasingly directing capital into solar projects, drawn by their long-term stability, government support, and alignment with sustainable development goals.

Ізраїль активно реформує свою енергетичну інфраструктуру, зокрема, знижуючи залежність від вугілля та переходячи до використання природного газу. Це допомагає зменшити викиди вуглецю та інших забруднювальних речовин, покращуючи якість повітря та екологічний стан. Однак перехід на газові електростанції супроводжується ризиками для природних біотопів через можливе порушення екосистем при будівництві нових енергетичних об'єктів. Тому важливе значення мають заходи охорони навколишнього середовища, а також законодавчі ініціативи, які регулюють вплив енергетичного сектору на природу, включаючи обов'язкову оцінку впливу на довкілля перед запуском нових проєктів. Окрім газових станцій, Ізраїль активно інвестує в сонячну енергетику, яка має численні екологічні переваги. Сонячні електростанції на дахах будівель, в полях та водоймах значно зменшують викиди вуглецю, оскільки вони не потребують спалювання викопних ресурсів, що також сприяє зниженню парникового ефекту та покращенню якості повітря. Встановлення сонячних панелей на непродуктивних землях запобігає конфліктам із сільським господарством, що дозволяє зберігати родючі землі для вирощування культур. Крім того, панелі на водоймах створюють тінь, знижуючи температуру води, зменшуючи випаровування та покращуючи умови для водних екосистем. Ізраїль також активно впроваджує інноваційні технології в енергетичному секторі, що дозволяє значно підвищити ефективність виробництва електроенергії. Одним із прикладів є використання інтегрованих систем зберігання енергії, таких як акумулятори для сонячних електростанцій, що дозволяє зберігати енергію в періоди надлишку виробництва і використовувати її в моменти пікового споживання. Це допомагає знизити залежність від традиційних джерел енергії, таких як газові або вугільні станції, та зберегти стабільність енергетичної мережі. Крім того, технологічні інновації сприяють розвитку нових бізнес-моделей і створенню додаткових робочих місць у секторі відновлювальних джерел енергії.

Ще однією важливою перевагою інвестицій у відновлювальні джерела енергії є їхній внесок у енергетичну безпеку Ізраїлю. Зменшення залежності від імпортованих викопних ресурсів дозволяє країні зміцнити свою енергетичну незалежність і зменшити вразливість до коливань на світових ринках енергоносіїв. Це дає змогу країні не лише забезпечити стабільне постачання енергії, а й підтримати економічну безпеку, знижуючи витрати на імпорт енергоресурсів та підвищуючи загальну енергетичну ефективність національної економіки.

Загалом, інвестиції в сонячну енергетику приваблюють не лише енергетичні компанії, а й інституційних інвесторів, таких як пенсійні фонди, завдяки стабільності та прогнозованості доходів від таких проєктів. Ізраїльський уряд підтримує ці ініціативи, гарантуючи фіксовані ціни на купівлю енергії з сонячних електростанцій, що забезпечує стабільний прибуток на довгострокову перспективу. Ці інвестиції є частиною стратегії сталого розвитку, яка сприяє зменшенню викидів та охороні навколишнього середовища для майбутніх поколінь, забезпечуючи екологічну та економічну стабільність.

ЛЕМЕСШЕВ М. С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)

**ВОГНЕТРИВКІ БЕТОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛУРГІЙНИХ ШЛАКІВ**

*Вінницький національний технічний університет  
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; mlemeshev@i.ua*

**Abstract.** Having analyzed the world and domestic experience in the production of heat-resistant concrete, it can be concluded that the development of effective compositions of heat-resistant concrete for their use in a wide range of temperatures (1000-1700°C), as well as technologies for the production of heat-resistant products based on them, are currently relevant.

В наш час проблема одержання жаростійких бетонів тісно пов'язана як з покращенням технологічних та експлуатаційних властивостей матеріалу, так і з використанням техногенної сировини, можливості якої для цих цілей недостатньо досліджені [1].

Що стосується виробництва жаростійких бетонів особливе місце займають алюмосилікатні сполуки каркасної структури, аналогічні природним цеолітам. З'єднання цеолітової структури є основою лужних і лужно-земельних в'язучих, здатні гідратуватися без руйнування жорсткого алюмосилікатного каркаса до температур 920-1100°C залежно від співвідношення  $Al_2O_3$  [2-3].

Найбільш перспективними сировинними матеріалами із металургійних шлаків є феросплави. Для в'язучих жаростійких бетонів доцільно використовувати шлаки алюмініотермічного виробництва безвуглецевого ферохрому наступного складу, мас. %:  $Al_2O_3$  – 50-60; CaO – 13-25; MgO – 10-20;  $Cr_2O_3$  – 3-12; FeO – 0,1-2;  $SiO_2$  – 0,5-5 [4-5].

Фазовий склад металургійних шлаків представлений алюмінатами складу  $CaO \cdot Al_2O_3$  та  $12CaO \cdot 7Al_2O_3$  та алюмомагнезійною хромовмісною шпинеллю. При вмісті в шлаках  $SiO_2$  більше 4% вони при охолодженні можуть розпадатися за рахунок утворення  $\gamma\text{-}2CaO \cdot SiO_2$  [6-7].

Проведені дослідження, в результаті яких на основі фосфатного в'язучого та хромглиноземистого шлаку розроблено високовогнетривкий бетон. Встановлено, що в якості зв'язки можна застосовувати ортофосфорну кислоту 30-70% концентрації, а як заповнювачі шлак з максимальною крупністю зерен 10 мм. Бетон на 30% кислоті має здатність твердіти в природних умовах. Міцність такого бетону становить 35-50 МПа, а залишкова міцність після нагрівання до 1700°C знаходиться в межах 80-100% [8-9]. У процесі нагрівання до 1300°C такий бетон характеризується сталим об'ємом, а при вищій температурі має незначне розширення. Максимальна температура експлуатації бетону 1700°C. Шлаки феросплавного виробництва можуть застосовуватися для приготування не тільки важких, але й легких жаростійких бетонів.

**Література**

1. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
2. Lemeshev, M., et al. Applied, technical and agricultural sciences: introduction of the latest technologies into use. International Science Group, 2024
3. Hladysh, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
5. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61
6. Лемешев М.С. В'язуче на основі промислових відходів // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017: матер. междунар. научно-практ. Интернет-конф., 10-17 октября 2017 г. SWorld, 2017.
7. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
8. Сівак, Р. В. Спеціальні покриття для захисту від високих температур. Diss. Національний університет цивільного захисту України, 2024..
9. Лемішко, К. К. Безвідходна технологія виготовлення будівельних виробів. ВНТУ, 2018

STADNIYCHUK M. YU. (UKRAINE, VINNYTSIA)

## JUSTIFICATION FOR THE USE OF SLUDGE FROM MUNICIPAL ENTERPRISES

*Vinnitsia National Technical University*

*21021, Khmelnytsky highway, 95, Vinnytsia, Ukraine; b15.stadnychuk@gmail.com*

**Анотація.** В роботі обґрунтовано можливість додавання золи мулових осадів до складу будівельних розчинів і бетонів. Такий компонент істотно не впливає на зміну фізико-механічних властивостей зразків будівельних матеріалів, але покращує реологічні властивості розчинів і бетонів під час їх приготування.

In recent years, the scale of waste generation and accumulation has been catastrophically increasing, leading to the alienation of new territories and environmental pollution. One of such wastes is sewage sludge (SW) generated at treatment plants. For decades, untreated SW has been dumped into overloaded sludge sites, dumps, and quarries, which has led to a violation of environmental safety. In Ukraine alone, the amount of accumulated SW exceeds 5 million tons [1]. In addition, SW storage facilities pose a threat to the environment due to the high content of hazardous chemical compounds [2].

The use of sludge sludge as fertilizer due to the large number of harmful substances threatens environmental pollution, including heavy metals, which are ubiquitous in SW [3]. Therefore, in recent years, sludge incineration has become increasingly widespread, which makes it possible to obtain a positive energy balance and effectively use their calorific value [4].

The high content of organic substances allows us to consider dry sludge residues as a source of energy. Concentrated organic and inorganic substances in sludge mass products decompose in the absence of oxygen, turning into methane and final inorganic products [5-6].

In works [7-9], the authors propose to use ash from the pyrolysis technology of sludge sludge utilization products for the production of building materials. It was found that replacing 5% by weight of Portland cement with ash additive practically does not affect the strength of the cement-sand mortar. As the ash product content increases, the plasticity of the mixture increases and the strength slightly decreases due to the removal of mineral binder.

**Conclusion.** The use of ash does not affect the change in the physical and mechanical properties of building material samples, but improves the rheological properties of mortars and concretes during their preparation.

### Література

1. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
2. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
3. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Чанхао, Ю. О. Особенности поведения з твердыми побутовими відходами в Китаї. Одеська національна академія харчових технологій, 2018.
5. Христич, А. В. "Рециклинг продуктов переработки осадков сточных вод городских канализаций." (2020).
6. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
7. Lemeshev, M., et al. Applied, technical and agricultural sciences: introduction of the latest technologies into use. International Science Group, 2024.
8. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61
9. Wójcik W. et al. Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals. Routledge, 2021. 240 p.

ВЕРХОЛА Г.Б., ГАВОР З.С., ЛОПОТИЧ Н.Я. (УКРАЇНА, ДУБЛЯНИ)

## ЗАПЛАВИ ЯК ПРИРОДНИЙ МЕХАНІЗМ РЕГУЛЮВАННЯ КЛІМАТУ

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького  
80381 вул.В.Великого,1  
м. Дубляни, Україна*

**Abstract.** This work describes the problems of global warming caused by human activity. The processes of reducing greenhouse gas emissions and restoring natural floodplains, which are considered critical for mitigating the effects of climate change, are analyzed.

Глобальне потепління є однією з найактуальніших загроз для майбутнього людства, що призводить до значних і часто непередбачуваних кліматичних змін на планеті. Внаслідок підвищення температури відбуваються більш інтенсивні та часті екстремальні погодні явища— такі як повені, тривалі посухи, урагани, шторми, лісові пожежі. Ці катастрофи не лише завдають величезної шкоди природним екосистемам, негативно впливають на здоров'я людей і національну безпеку, а й спричиняють серйозні економічні проблеми.

Наукові дослідження Міжурядової групи експертів по зміні клімату, свідчать, що кліматичні зміни, які спостерігаються з кінця XIX століття лише на третину пов'язані з природними чинниками, а на дві третини обумовлені антропогенною діяльністю, зокрема збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері. І щоб запобігти серйозним наслідкам, основні зусилля повинні бути спрямовані на зменшення викидів цих газів.

Одним із важливих і ефективних інструментів у боротьбі із глобальним потеплінням, є процеси збереження та відновлення природних екосистем, зокрема заплав, які відіграють важливу роль у поглинанні вуглецю.

Заплави - це унікальне природне середовище, де різні екосистеми живуть в гармонії одна з одною, надаючи безліч можливостей для життя та використання ресурсів. Вологі луки ідеально підходять для сінокошу та випасу худоби, ліси забезпечують деревиною, а річки - чудовими місцями для риболовлі. Крім того, ці території служать домом для багатьох рідкісних видів рослин і тварин. Проте слід відмітити, що заплави – це не лише місце відпочинку та джерела природних багатств. Вони допомагають знизити рівень води під час повеней, пом'якшити наслідки посухи, поповнити запаси підземних вод та створити сприятливий мікроклімат, завдяки природному випаровуванню вологи. Також слід зазначити, що заплави беруть участь у поглинанні вуглецю, сприяють зменшенню викидів метану та оксиду азоту, які є набагато потужнішими парниковими газами, ніж CO<sub>2</sub>, що робить їх важливими для пом'якшення наслідків зміни клімату. Проте їхня роль у захисті від екстремальних погодних явищ часто недооцінюється.

Протягом багатьох років люди активно використовували заплавні території для сільського господарства, будівництва та інших потреб. Це призвело до того, що багато заплав було осушено, забудовано або перетворено на сільськогосподарські угіддя.

Тому, відновлення колишніх заплавних територій – шляхом їх контрольованого затоплення, застосування природних методів утримання води та адаптованого землекористування є не тільки способом збереження біорізноманіття, а й механізмом врегулювання клімату. **Замість того, щоб боротися з наслідками кліматичних змін, потрібно запобігти їм, відновлюючи природні екосистеми.**

КРЕКТУН Б.В.<sup>1,2</sup>, ЖИЛЩИЧ Ю.В.<sup>2</sup>, КРЕКТУН Н.М.<sup>3</sup>, ПИВОВАР<sup>2</sup> В. А. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **МЕТАНОГЕНЕЗ У ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕКОСИСТЕМАХ: МІКРОБІОЛОГІЧНІ, БІОХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ**

*Львівський національний університет імені Івана Франка<sup>1</sup>*

79008, вул.Лесі Українки 39, м. Львів, Україна; [bohdan.krektun@lnu.edu.ua](mailto:bohdan.krektun@lnu.edu.ua)

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені  
С.З.Гжицького<sup>2</sup>(ЛНУВМБ),*

80381, вул. В. Великого,1, м. Дубляни, Львівський район, Україна; [krektunbv@lnup.edu.ua](mailto:krektunbv@lnup.edu.ua)

*Львівський фаховий коледж ЛНУВМБ<sup>3</sup>*

79068, вул. Замарстинівська 167, м. Львів, Україна; [nadiyakrektyn20@gmail.com](mailto:nadiyakrektyn20@gmail.com)

**Abstract.** The significance of methanogenesis processes in biogas production technologies, the development of renewable energy, and the formation of a circular economy has been analyzed. Experimental studies were conducted under various temperature regimes to identify the fundamental patterns of biochemical transformations of organic matter and their dependence on microbial activity.

Метаногенез є одним із ключових процесів біологічного розкладу органічної речовини за анаеробних умов. Хоча, основний продукт цього процесу — метан (CH<sub>4</sub>), є основним компонентом біогазу проте при потраплянні в атмосферу він стає небезпечним парниковим газом. В природних умовах метаногенез відбувається у болотах, озерах, травному тракті жуйних тварин.

В основі технологій виробництва біогазу є мікробіологічні процеси розкладання органічної маси, окремі етапи яких є аналогічними тим, що відбуваються у природних екосистемах. Біогазові установки дозволяють переробляти відходи сільського господарства, харчової промисловості та комунального господарства, отримуючи при цьому енергетичний ресурс (біогаз) та органічні добрива. Вони є важливим джерелом відновлювальних енергетичних ресурсів та невідомою частиною біотехнологій циркулярної економіки майбутнього.

Основну роль у метаногенезі відіграють метаногенні прокаріоти - археї, активність яких залежить від температурних факторів та складу мікробного консорціуму. Термофільні та мезотермофільні мікроорганізми мають різні оптимальні температурні діапазони, що впливає на швидкість утворення метану та кінетику ферментації субстрату.

Для дослідження використовували біореактори з можливістю контролювання температури, що працювали при 37°C (мезотермофільний режим) та 55°C (термофільний режим). Як субстрат застосовували органічні відходи сільськогосподарського походження. Концентрацію метану визначали у газовій фазі за допомогою газового аналізатора, а мікробіологічний склад оцінювали методом мікроскопії.

Отримані дані показали, що при 55°C метаногенез відбувається з більшою швидкістю, що пояснюється вищою активністю термофільних мікроорганізмів. У мезотермофільному режимі процес проходив повільніше і характеризувався більшою різноманітністю мікробного складу. Визначено, що основними продуцентами метану були археї родів *Methanosarcina* та *Methanobacterium*.

Аналіз біохімічних параметрів засвідчив, що термофільні умови сприяють швидшому розкладу складних органічних сполук до метану, тоді як мезотермофільні умови дозволяють досягти більшої стабільності процесу.

Температурний фактор відіграє ключову роль у регуляції метаногенезу, впливаючи як на швидкість процесу, так і на склад мікрофлори. Термофільний режим є більш ефективним з точки зору швидкості утворення метану, тоді як мезотермофільний характеризується меншою енергозатратністю та сприяє більш збалансованому розвитку мікрофлори. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації біогазових технологій та підвищення ефективності анаеробного розкладу органічних відходів. Використання природних процесів метаногенезу в промислових біореакторах є перспективним напрямком для сталого розвитку енергетики та екології і важливим елементом циркулярної економіки.

НОВИЦЬКИЙ ВЛАДИСЛАВ ВІТАЛІЙОВИЧ (УКРАЇНА, КИЇВ)  
**РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ  
ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ**

*Приватний вищий навчальний заклад "Європейський університет"  
03115, бульвар Академіка Вернадського, 16В, Київ,*

**Abstract.** The current issues of rational use of natural resources are considered, taking into account modern environmental challenges. The main problems of inefficient use of resources and their impact on the environment are analyzed. A set of recommendations for optimizing resource use is proposed, including the introduction of innovative technologies, environmental management and principles of sustainable development. Particular attention is paid to energy efficiency, renewable energy sources and reducing anthropogenic load. The proposed measures are aimed at achieving a balance between economic growth and the preservation of ecosystems, which is a key factor in ensuring the sustainable development of society.

Раціональне використання природних ресурсів є однією з основних складових сталого розвитку, яка визначає не тільки економічне процвітання, але й екологічну стабільність та соціальну справедливість. Зростаючий попит на природні ресурси, зміни клімату, а також виснаження традиційних джерел енергії ставлять перед людством нові виклики у забезпеченні їх ефективного і сталого використання. Особливо важливим є баланс між потребами сьогодення і збереженням ресурсів для майбутніх поколінь.

Фінансова підтримка відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного управління ресурсами. Це передбачає залучення інвестицій, отримання грантів і зміцнення довгострокових партнерських відносин із донорами, що створює стабільну основу для реалізації екологічних та інноваційних проєктів. Стійкість відіграє центральну роль у забезпеченні довгострокового збереження природних ресурсів. Це досягається шляхом адаптації до екологічних викликів, розробки інноваційних підходів і впровадження заходів зі збереження біорізноманіття. Стійкі практики спрямовані на мінімізацію впливу людської діяльності на екосистеми та збереження їхньої продуктивності для майбутніх поколінь. Внутрішні системи управління природними ресурсами визначають ефективність їхнього використання.

Таким чином, механізм регулювання природокористування та охорони навколишнього середовища повинний бути комплексним та інтегрованим, включаючи управлінські, законодавчі, економічні та освітні компоненти, що дозволяють забезпечити сталий розвиток і збереження природних ресурсів на довгострокову перспективу.

Відомо, що багато природних ресурсів використовуються без урахування їх відновлювальних можливостей, що призводить до їх виснаження та екологічних катастроф. Тому необхідно розглядати раціональне використання не тільки через призму ефективності, але й з точки зору збереження природної рівноваги. У цьому контексті важливо розробити рекомендації щодо покращення раціонального використання природних ресурсів, що дозволить підвищити ефективність їх використання та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Запровадження сталих технологій та інновацій є ключовим кроком до покращення раціонального використання природних ресурсів та зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище. Використання новітніх екологічно чистих технологій не лише дозволяє знижувати витрати ресурсів, але й сприяє збереженню природних багатств на довгострокову перспективу. Серед таких технологій особливе значення мають відновлювальні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова та геотермальна енергія, що значно знижують залежність від викопних палив і одночасно зменшують викиди парникових газів [14,22,29].

Крім того, енергоефективні методи виробництва, які дозволяють мінімізувати споживання енергії та знижувати вплив на довкілля, є важливим інструментом для забезпечення сталого розвитку. Інновації у сфері переробки відходів, такі як рециклінг та використання вторинних матеріалів, зменшують навантаження на природні ресурси та дозволяють значно зменшити обсяг сміття, що потрапляє на звалища.

Оптимізація управління водними ресурсами є одним із ключових аспектів забезпечення сталого використання природних багатств. Раціональне використання води дозволяє знизити навантаження на водні екосистеми та сприяє збереженню цього важливого ресурсу для майбутніх поколінь. Ефективне управління водними резервуарами включає в себе не тільки контроль за рівнями води, а й моніторинг стану водних екосистем, що дає можливість своєчасно виявляти загрози забруднення або виснаження водних ресурсів.

Крім того, модернізація інфраструктури для водопостачання та водовідведення є необхідною

умовою для підвищення ефективності використання води, зниження втрат і забезпечення надійного доступу до водних ресурсів. Важливим аспектом також є впровадження інноваційних технологій, що дозволяють зберігати воду, зокрема у сільському господарстві. Відмінним прикладом є крапельне зрошення, яке дозволяє значно знизити витрати води при поливі, забезпечуючи при цьому максимальний ефект для росту культур. Також важливою є підтримка технологій водозбереження, які оптимізують використання води без шкоди для продуктивності.

Одним із ефективних способів захисту біорізноманіття є створення природоохоронних зон, національних парків та заповідників, які допомагають зберігати унікальні екосистеми і забезпечують безпечне середовище для збереження рідкісних і зникаючих видів. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив людської діяльності, забезпечуючи простір для природних процесів.

Крім того, важливу роль у збереженні біорізноманіття відіграють програми відновлення екосистем. Зокрема, відновлення лісів, водно-болотних угідь та інших природних середовищ не тільки сприяє збереженню виду, але й має важливе значення для регулювання водних і кліматичних процесів. Такі програми можуть включати посадку дерев, відновлення втрачених екосистем і повернення в природне середовище зниклих видів рослин і тварин.

РИЖЕНКО Д.А., КОМАРОВА І.О. (УКРАЇНА, КРИВИЙ РІГ)

## ОЗЕЛЕНЕННЯ ПРИШКІЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ УЧНІВ

*Криворізький державний педагогічний університет  
50086, проспект Університетський, 54, м. Кривий Ріг, Україна;  
kdpu@kdpu.edu.ua*

**Abstract.** Greening the school grounds is an important component of environmental education and sustainable natural resource management. It contributes to improving the microclimate of the educational institution, fostering students' ecological culture, and creating a comfortable learning environment. Engaging students in the greening process not only enhances their scientific knowledge but also cultivates a responsible attitude toward the environment.

У сучасних умовах зростаючих екологічних викликів питання збереження навколишнього середовища набуває особливого значення. Одним із важливих напрямів екологічного виховання та формування екологічної свідомості є озеленення пришкольньої території. Цей процес не лише сприяє покращенню естетичного вигляду шкільного подвір'я, а й виконує низку важливих екологічних, освітніх і соціальних функцій. Зелені насадження навколо школи покращують мікроклімат, знижують рівень забруднення повітря, створюють комфортне середовище для навчання та відпочинку учнів. Окрім цього, залучення дітей до озеленення сприяє розвитку їхньої відповідальності за довкілля, формує навички природоохоронної діяльності та допомагає краще засвоювати знання з природничих дисциплін.

Основні аспекти озеленення пришкольньої території:

1. Екологічна освіта та виховання. Процес озеленення дозволяє інтегрувати знання з природничих дисциплін у практичну діяльність учнів.

2. Формування дослідницьких навичок. Озеленення пришкольньої території стане основою для проведення навчальних експериментів, досліджень впливу ґрунтових і кліматичних умов на ріст рослин, а також оцінки змін у біорізноманітті.

3. Покращення мікроклімату та санітарного стану. Рослини виконують важливу санітарно-гігієнічну функцію: вони знижують рівень пилу та забруднень у повітрі, підвищують вологість і регулюють температуру, що особливо важливо в умовах урбанізованого середовища.

Методичні рекомендації щодо організації озеленення:

1. Залучення учнів до процесу планування. Учні братимуть активну участь у розробці плану озеленення території, пропонувати власні ідеї щодо висаджування певних видів рослин, враховуючи їхню екологічну та естетичну цінність.

2. Інтеграція озеленення у навчальні програми. Варто передбачити зв'язок між уроками природознавства, біології, екології та практичною діяльністю на пришкольній ділянці, що допоможе учням краще засвоїти навчальний матеріал та побачити його практичне застосування.

3. Партнерство з екологічними організаціями. Співпраця зі спеціалістами з екологічних установ або ботанічних садів дозволить отримати професійні консультації щодо вибору рослин, догляду за ними та впровадження сталих практик у шкільне середовище.

4. Проведення екологічних акцій та конкурсів. Організація конкурсів на кращий дизайн клумби, висаджування дерев до екологічних дат або тематичні тижні екології підвищать зацікавленість учнів та сформують у них стійку мотивацію до природоохоронної діяльності.

Отже, озеленення пришкольньої території є не лише елементом благоустрою, але й важливим освітнім процесом, що поєднує теоретичні знання та практичну діяльність. Створення та догляд за зеленими зонами розвиває екологічну свідомість учнів, покращує їхні дослідницькі навички та формує відповідальне ставлення до довкілля. Врахування сучасних екологічних викликів та інтеграція екологічного виховання у навчальний процес сприятиме формуванню нового покоління свідомих громадян, які дбатимуть про навколишнє середовище.

OSTAPENKO N., HALCHENKO Z., KRYUCHKOVA S., KIRICHENKO V.,  
BONDARENKO L. (UKRAINE, DNIPRO)

## FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF GRANULOMETRIC FRACTIONS IN WASTES FROM IRON ORE ENRICHMENT ENTERPRISES

*Institute of Geotechnical Mechanics named after M.S. Polyakov National Academy of Sciences of  
Ukraine (IGTM NAS of Ukraine)*

*str. Simferopol, 2-A, 49005, Dnipro, Ukraine; E-mail: igtmanu@ukr.net*

**Abstract.** Global trends in the development of the metallurgical complex aimed at increasing the output of metallurgical products, including the extraction of ore raw materials and steel production. Mining enterprises play an important role in creating GDP and ensuring the economic stability of Ukraine in the conditions of post-war recovery. More than 2.2 billion m<sup>3</sup> of waste rocks are stored in the dumps of mining enterprises, 2.6 billion tons of enrichment waste have accumulated in tailings, most of which are considered as man-made deposits.

Taking into account the considered global prerequisites for the growth of metallurgical production, Ukraine faces new challenges in the accelerated development of the mining and metallurgical complex based on its natural resources and innovative technologies. The enrichment waste deposited in the tailings pond contains an unequal distribution of particle size fractions both in area and in depth. The planar differentiation is due to the patterns of particle behavior in the flow: larger fractions are located near the outlets, and smaller ones are located at a distance. Table 1 shows the distribution of iron in tailings ponds by fractions, determined using the example of generalized monitoring data of mining and enrichment plants.

*Таблиця 1*

### Determination of the distribution of Fe(tot) and Fe(magn) in the granulometric fractions of tailings ponds

| Fractions, mm | Value   |       |         |          |       |         |
|---------------|---------|-------|---------|----------|-------|---------|
|               | Fe(tot) |       |         | Fe(magn) |       |         |
|               | min     | max   | average | min      | max   | average |
| +5            | 5,56    | 23,64 | 14,21   | 2,44     | 16,18 | 8,25    |
| -5 +2,5       | 8,66    | 24,04 | 15,66   | 4,33     | 12,15 | 7,62    |
| -2,5 +1,25    | 7,20    | 22,37 | 12,51   | 1,46     | 13,32 | 6,74    |
| -1,25 +0,63   | 1,53    | 12,19 | 8,57    | 0,45     | 5,23  | 2,99    |
| -0,63 +0,315  | 2,44    | 8,87  | 6,47    | 0,14     | 2,57  | 1,62    |
| -0,315 +0,14  | 2,40    | 9,96  | 7,41    | 0,37     | 2,92  | 1,85    |
| -0,14         | 11,83   | 30,09 | 21,12   | 2,42     | 19,22 | 10,68   |

The data presented confirm the justification of the conclusions regarding the development of tailings of mining and quarrying plants as man-made deposits that can serve as a source of increasing mineral raw material reserves, especially since the secondary processing of tailings eliminates the need for energy-intensive grinding operations. In addition, by using tailings, the existing level of production can be ensured while reducing the volume of mining by 20-25% and preserving the ecological state in the territories adjacent to the mining and quarrying plants. To close the techno-natural cycles of matter, it is proposed to use the regularities of the influence of chemical elements, identified based on the analysis of the correlation coefficients between their gross and mobile forms of content, on the migration characteristics of such hazardous pollutants as Zn, Cr, Cu, Co and Ni. It was found that the Pb content significantly enhances the mobility of these elements, i.e. Pb is an activator of the conversion of elements into a mobile form: Zn (correlation coefficient  $K=0.91$ ), Cr ( $K=0.79$ ), Cu ( $K=0.50$ ), Co ( $K=0.50$ ), Ni ( $K=0.31$ ). In the conditions of the post-war restoration of Ukrainian industry based on sustainable development and the introduction of environmental technologies, micro- and Nano element research will gain new prospects.

САДОВИЙ П.В. ПОПОВИЧ О.Р.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ДЕСТРУКТИВНИЙ ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА СОСНОВІ ЛІСИ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; petro.sadovyi.meoes.2024@lpnu.ua*

**Abstract.** You can talk for hours about the benefits of pine forests for the environment in general and for human health in particular. Some interesting facts: one hectare of pine tree retains 35 tons of atmospheric pollutants per year, and at the same time emits 450 kilograms of phytoncides during the growing season. But like any other ecosystem, the pine forest is subjected to destructive effects due to rapid changes in temperature and hydrological regimes.

Явище масового вимирання соснових лісів на території України вперше було виявлено на Житомирщині в 2010-2012 роках. Згодом цей процес поширився на інші регіони. Якщо говорити про захід України, то з 2010 року площа осередків всихання сосняків зросла в 6-9 раз. Тут вже понад 60 років реєструють збільшення температури і зменшення вмісту вологи в атмосфері. Середньорічна температура повітря за цей період зросла на 1,7 С, а відносна середньорічна вологість повітря зменшилася на 2,4%. Зростання температури повітря збільшує поверхневе випаровування вологи та, за наявності посушливих періодів, зумовлює зниження рівня ґрунтових вод. Зокрема, за даними ДП «Західукргеологія», рівень ґрунтових вод у свердловинах, облаштованих на території Малого Полісся та Розточчя, понизився на 0,5–1,5 м. Дуже різко понизився також і рівень поверхневих вод.

Ще одним фактором, який деструктивно впливає на існування соснового лісу через потепління клімату, є розвиток збудників хвороб деревних видів, що сприяє формуванню осередків масового розмноження хвоєгризних комах та стовбурових шкідників. Посушливі періоди зменшують опірність сосни до заселення стовбуровими шкідниками – у деревині зменшується кількість смоли, яка може захищати дерева від заселення короїдами, вусачами та златками. Ці комахи завжди присутні в соснових лісах, але посушлива погода прискорює їх розвиток, сприяє формуванню додаткових поколінь протягом вегетаційного періоду.

З усього вищесказаного виникає логічне питання: а що можна зробити, як реально протидіяти погіршенню стану соснових лісів і чи справді Сосна «приречена»?

На жаль, кардинально вплинути на кліматичні зміни на тепер неможливо. Однак є низка заходів, які потрібно здійснювати для покращення стану та збереження соснових лісів.

Найгірші прогнози допускають можливість практично повного зникнення соснових лісів на території України та переважної частини Європи, але разом з тим, сосна звичайна характеризується великим екологічним потенціалом, який реалізується в різних лісорослинних умовах, і якщо докласти трохи зусиль, можна допомогти цій екосистемі краще адаптуватися до кліматичних змін.

Успішним прикладом такої допомоги є досвід німецьких колег у створенні лісів, стійких до змін клімату. Соснові насадження баварські лісівники поступово перетворюють на буково-дубові з домішкою сосни. Зокрема, протягом 20 років лісівники поступово вилучали хвору сосну, створюючи умови для росту бука, а на відкритих ділянках – і дуба, в результаті чого насадження перетворилося на букове (приблизно 60 %) з домішкою дуба (20 %), сосни (10 %) та різних інших листяних порід (10 %).

Якщо говорити про боротьбу безпосередньо зі шкідниками, що знищують соснові масиви, то єдиним ефективним і безальтернативним заходом боротьби є шлях ліквідації осередків зараження, видалення «короїдного запасу» з лісу, попередження розширення осередків і утворення нових, тобто – санітарні рубки. Таким способом було зупинено цю проблему у Європі (Польща, Німеччина та ін.) Тактика профілактики розмноження шкідників – «йти перед короїдом» – реалізується оперативним видаленням новоутворених осередків. На жаль, у нас наразі це практично неможливо через цілий ряд дозволів, законів, рекомендацій, наказів, приписів, інструкцій та інших паперів, часто недолугих і відверто шкідливих, що регламентують будь-які заходи у лісовому господарстві.

## РОЗРОБКА ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН ПРИМІСЬКИХ ВОДОЙМ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
61022, вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна; yurii.yermakov@mit.khpi.edu.ua*

**Abstract.** The ecological state of recreational zones in suburban water bodies is a key factor in preserving biodiversity, maintaining water resource quality, and ensuring safe conditions for public recreation. The increasing anthropogenic impact, particularly water pollution, the intensification of recreational load, and climate change, necessitates the development of effective methods for monitoring and assessing their condition.

Екологічний стан водних екосистем є ключовим фактором для підтримання біорізноманіття, забезпечення екологічної рівноваги та створення безпечних умов для відпочинку населення. Приміські водойми відіграють важливу роль у рекреаційній діяльності, пропонуючи можливості для туризму, відпочинку, спорту, рибальства та інших форм дозвілля. Проте антропогенний вплив, зокрема забруднення води, надмірне рекреаційне навантаження, урбанізація та зміни клімату, суттєво погіршують стан цих водойм. Збільшення скидів побутових і промислових стоків, нагромадження твердих відходів, руйнування природних екосистем призводять до зниження якості води та деградації водних біоценозів. У зв'язку з цим виникає необхідність створення ефективної системи моніторингу екологічного стану водойм, що дозволить оперативно виявляти негативні тенденції та приймати відповідні управлінські рішення.

Моніторинг рекреаційних водойм передбачає комплексне дослідження фізико-хімічних, біологічних та екологічних параметрів водного середовища. Основними факторами, що визначають якість води, є органічне та неорганічне забруднення (важкі метали, пестициди, нафтові продукти), евтрофікація, забруднення мікропластиком, зміни прозорості води, порушення гідрологічного балансу, вторгнення чужорідних видів. Для ефективного моніторингу необхідно застосовувати різноманітні методи оцінки екологічного стану водойм. Сучасні підходи включають фізико-хімічний аналіз (рівень рН, розчинений кисень, вміст нітратів, важких металів, температура води), біологічні методи (біоіндикація за макрзообентосом, фітопланктоном, іхтіофауною), дистанційне зондування та геоінформаційні системи (ГІС) для супутникового моніторингу змін у водоймах, математичне моделювання екосистемних процесів та використання технологій штучного інтелекту для аналізу великих даних і прогнозування екологічних ризиків.

Створення інтегрованої системи моніторингу включає етапи збору та аналізу екологічних даних, їхньої обробки за допомогою ГІС та математичних моделей, оцінки екологічного стану водойм із використанням комплексних індексів, прогнозування змін під впливом антропогенних та природних факторів, розробки заходів для збереження та відновлення водних ресурсів. Такий підхід дозволить оцінювати стан водойм у режимі реального часу, своєчасно реагувати на виявлені проблеми та впроваджувати ефективні заходи щодо їх охорони.

Розробка та впровадження ефективної системи моніторингу та оцінки екологічного стану рекреаційних зон приміських водойм сприятиме збереженню водних ресурсів, забезпеченню екологічної безпеки та покращенню умов для відпочинку населення. Комплексне використання сучасних методів дослідження, інноваційних технологій та математичного моделювання дозволить підвищити точність оцінки стану водних екосистем і сприятиме ухваленню науково обґрунтованих рішень для їхнього сталого використання та збереження.

ЧЕРЕПАХА Д. В., ЛЕМЕШЕВ М. С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)  
**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОВМІСНИХ В'ЯЖУЧИХ У  
 БУДІВЕЛЬНІ ГАЛУЗІ**

*Вінницький національний технічний університет  
 21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна; mlemeshev@i.ua*

**Abstract.** It has been established that activated fly ash is a multifunctional component in the mixture - on the one hand, it can perform the function of an active mineral additive, and on the other - a filler. Due to the chemical activation of the fly ash component of the mixture, the strength of the silicate matrix of concrete increases, which leads to savings in binder.

Загострення екологічної та економічної ситуації в Україні викликає необхідність в розробці нових ефективних технологій переробки та використання промислових техногенних відходів теплоенергетики. Такі технології повинні забезпечити максимальну їх ступінь використання при виробництві ефективних будівельних виробів. Вибір технології підготовки, переробки та використання промислових відходів залежить від таких факторів, як хіміко-мінералогічний та гранулометричний склад відходів та спосіб їх отримання [1-2]. Відходи ТЕС використовуються здебільшого як інертні наповнювачі. Загальний об'єм їх використання залишається низьким, частка їх використання при виготовленні будівельних виробів не перевищує 12 % [3].

В наш час актуальною є розробка концепції максимального використання промислових відходів, як сировини для отримання ефективних матеріалів, які за своїми властивостями не поступаються традиційним, але є ефективнішими з екологічної та економічної точок зору [4].

Перед використанням відходів у складі в'язучих речовин, їх попередньо необхідно підготувати і вибрати спосіб активації. Вибір способу активації залежить від хіміко-мінералогічного складу відходів, способу її отримання, а також від складу в'язучої системи [5-6].

Можливості використання золи винос в складі в'язучої системи визначається пуцолановою активністю, яка забезпечує стабільність властивостей штучного каменю в часі. Пуцоланова активність залежить від багатьох чинників, з яких найважливішими є хімічний склад пуцолани, її мінералогічний склад та питома поверхня [7].

Використання механічної, хімічної та комплексної активації золошлакових відходів дозволяє виготовляти матеріали з покращеними міцнісними характеристиками та високими експлуатаційними властивостями, причому застосування окремих видів активації золошлакових відходів впливає на зміну фазового складу новоутворень, що позитивно позначається на довговічності будівельних виробів [8].

### Література

1. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
2. Березюк, О. В., М. С. Лемешев, and В. П. Ковальський. "Будівельні вироби з механо-активованих промислових, побутових відходів." (2023).
3. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
4. Березюк, О. В. (2023). Поширеність переробки золи при виготовленні будівельних матеріалів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 56-61
5. Лемешев, М. С. (2021). Сучасні підходи комплексної переробки промислових техногенних відходів. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 31(2), 37-44.
6. Лемішко, К. К. "Використання промислових відходів енергетичної та хімічної галузі в технології виготовлення будівельних виробів." (2019).
7. Beresjuk, O., et al. "Theoretical and scientific foundations in research in Engineering." (2022).
8. Лемішко, К. К. Безвідходна технологія виготовлення будівельних виробів. ВНТУ, 2018

ЛЮБЧИКОВ Р. С., ПОЛОТНЯНКО Л. В. (УКРАЇНА, ЧЕРНІГІВ)

## ОЦІНКА ВПЛИВУ РІЗНИХ ТИПІВ ЗАБРУДНЕНЬ НА ОРГАНІЗМИ ГІДРОБІОНТІВ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка  
14033, вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, Україна; [mekhedolga@gmail.com](mailto:mekhedolga@gmail.com)

**Abstract.** Water pollution is one of the key factors affecting the sustainability of aquatic ecosystems. This study examines the impact of various pollutants on hydrobionts, with a particular focus on mycotoxin T-2. The results contribute to the understanding of adaptive changes in fish and highlight the importance of ecological monitoring to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly those related to clean water, ecosystem preservation, and food security.

Забруднення водних екосистем залишається серйозною екологічною проблемою, що впливає на гідробіонтів та екологічну рівновагу водойм. Одним із небезпечних факторів є мікотоксини, які потрапляють у водне середовище через антропогенну діяльність та зміну клімату. Вивчення їхнього впливу на рибу дозволяє оцінити адаптивні механізми організмів та визначити заходи для забезпечення цілей сталого розвитку (ЦСР), зокрема ЦСР 6 «Чиста вода та санітарія», ЦСР 14 «Збереження морських екосистем» та ЦСР 2 «Подолання голоду».

Мета: оцінити вплив різних типів забруднень, зокрема мікотоксину Т-2, на біохімічні та фізіологічні показники гідробіонтів, що дозволить розробити ефективні стратегії екологічного моніторингу та збереження водних екосистем.

Дослідження останніх років свідчать про значні зміни у фізіологічних та біохімічних процесах гідробіонтів під впливом токсичних речовин. Зокрема за даними Желай М. та співавторів (2023), мікотоксин Т-2 викликає адаптивні зміни в організмі корошових риб, зокрема зміну їхніх іхтіологічних показників. Це свідчить про потенційні механізми пристосування гідробіонтів до токсичних забруднень. Ніколаєнко Т.М. та ін. (2023) встановили, що мікотоксин Т-2 впливає на рівень білків, ферментів та інших біохімічних параметрів крові. Це дозволяє використовувати подібні методи досліджень для оцінки токсичності водного середовища. Полотнянко Л.В. та Мехед О.Б. (2023) дослідили зміни біохімічних показників у тканинах лускатого коропа (*Cyprinus carpio* L.) під впливом мікотоксину Т-2. Результати вказують на ризики біоаккумуляції токсинів, що може вплинути на здоров'я риб та загальний стан екосистеми. Результати вказують на ризики біоаккумуляції токсинів, що може вплинути на здоров'я риб, а отже, і на якість харчових продуктів, отриманих із водних ресурсів. Це напряму стосується **ЦСР 14**, що передбачає збереження морських та прісноводних екосистем.

Вплив мікотоксину Т-2 та інших забруднень на гідробіонтів потребує детального екологічного моніторингу та впровадження ефективних стратегій зменшення антропогенного навантаження на водойми. Дослідження біохімічних змін у рибах і лабораторних тваринах допомагають розробити рекомендації щодо забезпечення екологічної безпеки та досягнення цілей сталого розвитку, зокрема охорони водних ресурсів. Оскільки такі дослідження можуть застосовуватися для аналізу забруднень води, це сприяє покращенню якості водних ресурсів і відповідає завданням **ЦСР**

Желай М., Ячна М., Мехед О., Третяк О. Адаптивні зміни іхтіологічних показників корошових риб за дії мікотоксину Т2. Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату. VII Міжнародна наукова конференція: програма, тези доповідей (Україна, Чернігів, 27 – 29 вересня 2023 р.). Чернігів : Десна-Поліграф. 2023. С. 77-78

Ніколаєнко Т.М., Іващенко М.О., Іващенко Н.В., Мехед О.Б. Біохімічні показники крові лабораторних тварин за дії мікотоксину Т2. “Vin Smart Eco”. Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця: КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”, 2023. С. 276-277

Полотнянко Л.В., Мехед О.Б. Зміни біохімічних показників в тканинах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.) під дією мікотоксину Т-2. Актуальні проблеми дослідження довкілля : Матеріали X Міжнародної наукової конференції. Суми : Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2023. С. 205-207

КУДРЯШОВА К.О., ГУМЕННА В.В., КОРЧЕВ М.В., АНДРИКЕВИЧ О.О., РУМЯНЦЕВА  
М.О (УКРАЇНА, ДНІПРО)

### ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

*Український державний університет науки і технологій. Навчально-науковий інститут  
Український державний хіміко-технологічний університет, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро,  
Дніпропетровська область, 49000 ; [kseniakudryashova2003@gmail.com](mailto:kseniakudryashova2003@gmail.com)*

**Abstract.** The paper explores the challenges associated with the management and recycling of technological waste in Ukraine. Particular attention is given to the processing of industrial by-products, such as slag and ash materials, and the beneficiation of mineral resources like iron ore. The study highlights the importance of integrating economic, social, and environmental factors into waste management strategies to ensure sustainable development. Furthermore, the paper discusses potential solutions, including the implementation of government programs, investment in scientific research, and the adoption of innovative recycling technologies.

Переробка техногенних відходів та ефективне використання мінеральних ресурсів, зокрема залізних руд, є важливими чинниками сталого розвитку. Інтеграція економічних, соціальних та екологічних аспектів у процеси утилізації відходів дозволяє зменшити екологічний вплив, сприяти економічному зростанню та створювати нові робочі місця. Значні обсяги відходів, таких як металургійні шлаки та золошлакові матеріали, становлять серйозну екологічну загрозу та потребують ефективних рішень.

Переробка відходів може стати додатковим джерелом прибутку для підприємств, зменшити обсяги захоронення та знизити рівень забруднення довкілля. Недостатній рівень технологічного розвитку, слабка нормативно-правова база та значні фінансові бар'єри гальмують впровадження сучасних методів утилізації.

Розвиток державних програм підтримки, інвестування у наукові дослідження, створення сприятливих умов для інвесторів та підвищення обізнаності підприємств сприятимуть розвитку галузі. Металургійні шлаки можуть використовуватися у будівництві, виробництві цементу та енергетиці. Застосування сучасних методів підвищує концентрацію заліза, зменшує витрати на подальшу переробку та дозволяє отримувати додаткові корисні компоненти.

Раціональне використання природних ресурсів, переробка техногенних відходів та вдосконалення технологічних процесів є ключовими факторами для сталого розвитку економіки та збереження навколишнього середовища.

Переробка техногенних відходів також сприяє зниженню залежності від природних ресурсів, що особливо важливо в умовах їхнього виснаження та зростання вартості видобутку. Використання відходів як вторинної сировини дозволяє скоротити споживання енергії та зменшити викиди парникових газів, що позитивно впливає на боротьбу зі змінами клімату.

Крім того, інтеграція циркулярної економіки у промисловість сприяє створенню замкнених циклів виробництва, коли відходи одних процесів стають ресурсами для інших. Це дозволяє оптимізувати виробничі ланцюги, підвищити ефективність використання матеріалів і мінімізувати негативний екологічний вплив.

Розвиток технологій глибокої переробки дозволяє отримувати цінні метали та рідкісноземельні елементи з техногенних відходів, що відкриває нові можливості для промисловості, зокрема електроніки, авіакосмічного сектору та відновлюваної енергетики.

Створення правових і економічних механізмів стимулювання підприємств до екологічно відповідального управління відходами, включаючи податкові пільги та грантові програми, сприятиме активнішому впровадженню сучасних технологій.

Таким чином, комплексний підхід до переробки техногенних відходів і раціонального використання природних ресурсів є ключовим фактором не лише для сталого розвитку, а й для посилення економічної та екологічної безпеки держави.

КОБРИН М. О., ЛЮТА О. В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів*

**Abstract.** Biodiversity is the foundation of ecosystem balance and provides vital resources for humanity. However, its decline has reached critical levels due to anthropogenic impact. The main threats have been identified as habitat destruction, climate change, the spread of invasive species, and excessive resource exploitation. As a result, species extinction rates have increased 1,000 times, posing a serious environmental problem. To preserve biodiversity, it is essential to protect natural ecosystems, restore agroecosystems, and implement a habitat-based approach to species conservation.

Біорізноманіття – це розмаїття живих організмів, видів та їхніх угруповань, що формують екосистеми нашої планети. Воно є основою стабільності природних і агроекосистем, забезпечуючи екологічну рівновагу та життєво важливі ресурси для людства. Проте сьогодні, під впливом антропогенної діяльності, відбувається стрімке скорочення генетичного, видового й екосистемного різноманіття.

За даними науковців, до 50 % таксономічних груп перебувають під загрозою зникнення, а чисельність видів хребетних тварин зменшилася на 60 %. Втрата біорізноманіття стосується не лише природних екосистем, а й агроекосистем, де скорочується кількість традиційних порід і сортів. Вивчення процесів формування, змін та збереження біорізноманіття є предметом наукової дисципліни – диверсикології.

Сучасний світ стикається з низкою екологічних і соціальних викликів, що мають довготривалі наслідки для планети та людства.

Однією з головних проблем є надмірна експлуатація природних ресурсів. За останнє тисячоліття площа лісів скоротилася майже на третину, виснажуються рибні запаси, а родючі ґрунти втрачають свої властивості. Нестале використання природних ресурсів загрожує екосистемам і знижує можливості для майбутніх поколінь.

Ще одним важливим викликом є швидке зростання чисельності населення. За прогнозами вчених, до середини ХХІ століття на Землі проживатиме близько 10 мільярдів людей. Це створює додаткове навантаження на природні ресурси, підвищує потребу в продовольстві, воді та енергії, а також загострює екологічні проблеми.

Не менш загрозливою є зміна клімату та глобальне потепління. Кліматичні моделі вказують, що середня температура поверхні Землі може зрости на 1,1-6,4°C протягом ХХІ століття. Це спричинить зміни в розподілі опадів, танення льодовиків Гренландії та Антарктиди, а також збільшення частоти екстремальних погодних явищ – повеней, посух та ураганів. Крім того, очікується зниження біорізноманіття та врожайності сільськогосподарських культур, що може призвести до продовольчих криз у різних регіонах світу.

Отже, антропічний вплив призводить до зменшення біорізноманіття внаслідок руйнування місць існування, зміну клімату, поширення інвазивних видів, надмірну експлуатацію ресурсів тощо. За останні століття темпи зникнення видів зросли в 1 000 разів порівняно з природними процесами в історії Землі. Особливу загрозу становить біозабруднення, пов'язані з акліматизацією (приспосовуванням до умов нового середовища та нових угруповань й екосистем) і реакліматизацією (переселенням організмів у місця, де вони раніше проживали, але з різних причин зникли).

Саму тому для збереження біорізноманіття необхідно охороняти природні екосистеми, відновлювати агроекосистеми, створювати екологічні мережі та природоохоронні документи. Важливим є оселищний підхід, що передбачає збереження природних місць існування видів. Головна причина необхідності збереження біорізноманіття – його ключова роль у стабільності екосистем та біосфери.

КУЗЬМІНЧУК Т. А., АТАМАНЮК В. М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ЗОВНІШНІЙ ТЕПЛООБМІН ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ СІРНИКОВОЇ СОЛОМКИ

Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Бандери, 12, Львів, Україна; [tetiana.a.kuzminchuk@lpnu.ua](mailto:tetiana.a.kuzminchuk@lpnu.ua)

**Abstract.** Experimental studies were conducted to investigate the effect of the heat agent velocity through a layer of wet and dry match splints. Heat transfer coefficients from the heat agent to the material were obtained within the range of the heat agent's superficial velocity of 0.18–0.29 m/s. It was determined that the dependency  $\alpha=f(v)$  has a linear character. As the velocity increases, the heat transfer coefficient rises. It was established that heat exchange is more intense with the wet material.

Сушіння сірnikової соломки це важливий тепло- та масообмінний процес під час виробництва сірників. Вологу сірникову соломку висушують в тунельних сушарках у стаціонарному шарі висотою 15 сантиметрів. Такий спосіб сушіння потребує суттєвих енергетичних затрат. Як альтернативу, запропоновано фільтраційне сушіння, як один з високоефективних та низькотемпературних методів. Перевагою цього методу є велика площа контакту фаз та максимальне використання сушильного потенціалу теплового агента.

Для визначення оптимальних параметрів процесу фільтраційного сушіння сірникової соломки важливо визначити коефіцієнти тепловіддачі та їхню залежність від швидкості руху теплового агента крізь стаціонарний шар матеріалу. Оскільки від інтенсивності теплообміну буде залежати тривалість сушіння та витрати на енергоресурси.

Для цього проведено експериментальні дослідження теплообміну за фіктивних швидкостей теплового агента 0,18, 0,21, 0,23, 0,26, 0,29 м/с для вологої та сухої сірnikової соломки.

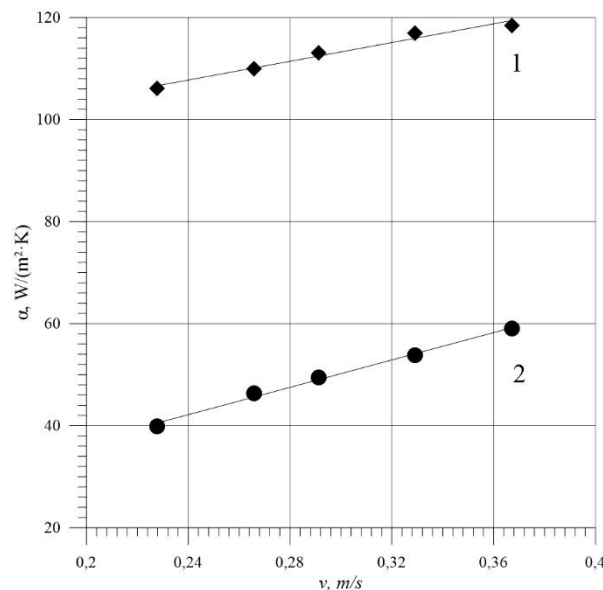


Рис. 1. Залежність коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$  від дійсної швидкості руху теплового агента  $v$  крізь шар: 1 – вологої сірnikової соломки, 2 – сухої сірnikової соломки.

Визначено коефіцієнт тепловіддачі від теплового агента до вологої та сухої сірnikової соломки. На рис. 1. наведено залежність коефіцієнту тепловіддачі від дійсної швидкості руху теплового агента крізь стаціонарний шар матеріалу. Для сухої сірnikової соломки, аналогічно як і для вологої, коефіцієнт тепловіддачі зростає за лінійною залежністю зі збільшенням швидкості руху теплового агента крізь шар матеріалу. За однакових умов проведення експериментальних досліджень теплообмін відбувається інтенсивніше з вологою сірnikовою соломкою, ніж з сухим матеріалом. Це пояснюється вищим коефіцієнтом теплопровідності вологого матеріалу, оскільки теплопровідність води є набагато вищою за теплопровідність деревини.

БАЙ О.В., КОВАЛЬЧУК Н.С. (УКРАЇНА, РІВНЕ)

## ВПЛИВ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТІ ҐРУНТИ ТА МЕТОДИ ЇХ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

*Національний університет водного господарства та природокористування  
33028, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна,  
[o.v.bai@nuwm.edu.ua](mailto:o.v.bai@nuwm.edu.ua)*

**Abstract.** The problems of restoring the fertility of sod-podzolic soils, disturbed by amber mining, are considered. Methods of land reclamation, including the application of organic fertilizers, phytoremediation, and the use of biopreparations, are analyzed. Modern technologies for monitoring and evaluating the effectiveness of reclamation measures are described. The importance of an integrated approach and environmental education for the sustainable development of the region is emphasized.

Видобуток корисних копалин, зокрема бурштину, завдає значної шкоди ґрунтовому покриву, особливо дерново-підзолистим ґрунтам. Неконтрольований видобуток призводить до руйнування структури ґрунту, зміни його хімічного складу, зниження родючості та втрати здатності утримувати вологу, що ставить під загрозу екологічну стабільність регіону.

Рекультивация земель є комплексом заходів, спрямованих на відновлення порушених територій та повернення їх до продуктивного використання. Вона включає технічні, біологічні та меліоративні роботи для відновлення ґрунту, рослинності, водного режиму та ландшафту. Особливо актуальна рекультивация для подолання наслідків видобутку бурштину, збереження біорізноманіття та забезпечення сталого розвитку. Ключовим аспектом є відновлення родючості дерново-підзолистих ґрунтів, які втрачають структуру та здатність утримувати вологу. Для цього застосовують органічні добрива, вапнування, сидерати та штучний ґрунтовий покрив.

Важливим етапом рекультивации є відновлення рослинності. На порушених територіях часто спостерігається зникнення природних рослинних угруповань та поширення інвазійних видів. Для відновлення рослинності застосовуються методи фітомеліорації, зокрема висаджування місцевих видів рослин, створення лісових насаджень та відновлення луків і пасовищ.

Рекультивация земель також передбачає відновлення водного режиму. Видобуток бурштину часто призводить до зміни рівня ґрунтових вод, заболочування або осушення територій. Для відновлення водного режиму застосовуються гідротехнічні заходи, зокрема будівництво дренажних систем, відновлення русел річок, а також створення штучних водойм.

Сучасні технології рекультивации земель включають використання геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування для моніторингу стану порушених територій та оцінки ефективності рекультивацийних заходів. ГІС дозволяють створювати карти стану ґрунтів, рослинності та водних об'єктів, а дистанційне зондування забезпечує отримання інформації про стан територій з космосу або літальних апаратів.

Інноваційні підходи до рекультивации земель включають використання біопрепаратів, які містять корисні мікроорганізми, що сприяють розкладанню забруднюючих речовин та покращують структуру ґрунту. Також застосовуються методи фітореMediaції, які передбачають використання рослин для очищення ґрунту від забруднюючих речовин.

Відновлення родючості дерново-підзолистих ґрунтів, порушених видобутком бурштину, є не лише екологічним, але й соціально-економічним завданням, що вимагає комплексного підходу.

ЄФИМОВ Є.В., КОВАЛЬЧУК Н.С. (УКРАЇНА, РІВНЕ)

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

*Національний університет водного господарства та природокористування*

*33028, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна,*

*[je.v.jefymov@nuwm.edu.ua](mailto:je.v.jefymov@nuwm.edu.ua)*

**Abstract.** A study of the ecological aspects of industrial hemp cultivation in the Western Forest-Steppe of Ukraine was conducted. The benefits of the crop for soil improvement, phytoremediation, and reduction of greenhouse gas emissions are considered. Potential risks and the necessity of applying sustainable production methods to ensure ecological sustainability are analyzed

Вирощування технічних конопель в Україні, особливо в агроландшафтах Західного Лісостепу, є перспективним напрямком, що поєднує економічну вигоду з екологічною стійкістю. Ця культура, відома своїм широким спектром застосування, від волокна до біопалива, має значний потенціал для покращення екологічного стану регіону. Однак, для реалізації цього потенціалу, необхідно врахувати екологічні аспекти її вирощування.

Технічні коноплі відзначаються високою продуктивністю біомаси, що сприяє активному накопиченню органічної речовини в ґрунті. Це не лише покращує фізичні властивості ґрунту, такі як структура, водопроникність та аерація, але й підвищує його біологічну активність. У Західному Лісостепу України, де ґрунти часто схильні до ерозійних процесів, це є особливо важливим. Потужна коренева система конопель відіграє ключову роль у запобіганні ерозії ґрунту.

Однією з унікальних властивостей конопель є їхня здатність до фіторемедіації – очищення ґрунтів від забруднювачів. Вони можуть накопичувати важкі метали та інші токсичні речовини, що робить їх ефективними для відновлення забруднених промисловими відходами або сільськогосподарськими хімікатами земель.

Також коноплі є культурою з низькими вимогами до використання пестицидів та гербіцидів. Це зменшує ризик забруднення ґрунту та водних ресурсів, а також сприяє збереженню біорізноманіття.

Вирощування конопель може суттєво зменшити викиди парникових газів. Вони швидко ростуть і поглинають значну кількість вуглекислого газу з атмосфери, що сприяє зменшенню парникового ефекту. Крім того, продукти з конопель, такі як волокно та будівельні матеріали, можуть довгостроково зберігати вуглець.

Використання конопель для виробництва біопалива є ще одним способом зменшення залежності від викопних видів палива. Біопаливо з конопель є відновлюваним та екологічно чистим джерелом енергії, що сприяє зменшенню викидів парникових газів та забруднення повітря.

Коноплі мають відносно низькі вимоги до поливу, що робить їх привабливими для вирощування в регіонах з обмеженими водними ресурсами. Це особливо важливо в умовах зміни клімату, коли водні ресурси стають все більш цінними.

Однак, необхідно враховувати потенційні негативні екологічні аспекти вирощування конопель. Інтенсивне вирощування без належної сівоzmіни та удобрення може призвести до виснаження ґрунту та зниження його родючості.

Розширення площ під коноплі може призвести до знищення природних екосистем, таких як ліси та луки. Тому необхідно ретельно планувати виробництво, щоб мінімізувати вплив на природні ландшафти.

Вирощування технічних конопель у Західному Лісостепу України має великий потенціал для розвитку регіону, але потребує врахування екологічних аспектів та застосування сталих методів виробництва..

ДОЧИНЕЦЬ І.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## СТАЛИЙ РОЗВИТОК В ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ

*Національний університет харчових технологій, м. Київ Україна  
01601, вул. Володимирська, 68, Київ, Україна; info@nuft.edu.ua*

**Abstract.** Every year, the hotel and restaurant industry is actively developing and generating high profits for the economy, while at the same time being one of the leading factors of social and cultural development that contribute to the improvement of the standard of living and quality of life. Sustainable development of the hotel and restaurant industry helps to meet the needs of guests and develops in such a way as to provide all the opportunities for future generations. It ensures the viability of many economic processes and the optimal use of environmental resources.

В готельно-ресторанному бізнесі вирішення основних екологічних проблем та охорона навколишнього середовища стає все більш важливими факторами і впливає на їх конкурентоспроможність та здатність ефективно керувати екологічними показниками. Розвиток закладів готельно-ресторанного господарства залежить від нешкідливого та захопливого навколишнього середовища і на конкурентному ринку сталий розвиток для них є перевагою. Схильність до екологічно сталого розвитку та якість послуг мають значний вплив на ефективність роботи закладів готельно-ресторанного господарства.

Управління продуктивністю вимагає використання деяких інструментів, показників та методів, на основі яких менеджери будуть мати можливість підвищувати ефективність використання ресурсів. Управління продуктивністю готельно-ресторанного бізнесу означає управління всіма показниками їх діяльності на організаційному рівні, в тому числі включаючи результати діяльності співробітників. Основне завдання та значення управління продуктивністю діяльності готельно-ресторанного бізнесу відображаються у підвищенні ефективності користування ресурсами та соціальної відповідальності, задоволеності очікувань споживачів.

Екологічною продуктивністю є зусилля закладів готельно-ресторанного господарства, спрямовані на досягнення відмінних екологічних ефектів та реалізацію природоохоронних заходів з мінімальним вкладенням ресурсів.

Екологічні показники, які ґрунтуються на бізнес-стратегії та формують основу сталого бізнесу роблять акцент на результатах, щоб захистити навколишнє середовище з метою покращення екологічних, економічних та соціальних показників готельно-ресторанного господарства.

Цілі сталого розвитку відображається у введенні безстрокової стійкої операційної діяльності з метою зменшення негативного впливу готельно-ресторанного господарства, захисту та збереження навколишнього середовища, таким чином, досягнення економічних вигод.

Для того, щоб оцінити продуктивність та виконання методів екологічної сталості готельно-ресторанного господарства, необхідно провести оцінку їх впливу на навколишнє середовище, яка складається з:

- огляду стану закладів готельно-ресторанного господарства;
- використання сучасних технологій;
- аналізу та оцінки ініціатив, які направлені на збільшені відповідальності та охорону навколишнього середовища

Одними з важливих переваг екологічно сталого розвитку готельно-ресторанного бізнесу є: ефективність контролю витрат та додатковий дохід за рахунок їх зниження; підвищення довгострокової фінансової стабільності, рівня задоволеності споживачів, репутації бренду та створення іміджу; довгострокова здатність залишатися в бізнесі, приносити прибуток; зменшення негативного впливу та збереження навколишнього середовища.

БЕРМЕС Н.С., ПАНАС Н.Є. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ВІДХОДІВ СТРИЙСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТПВ

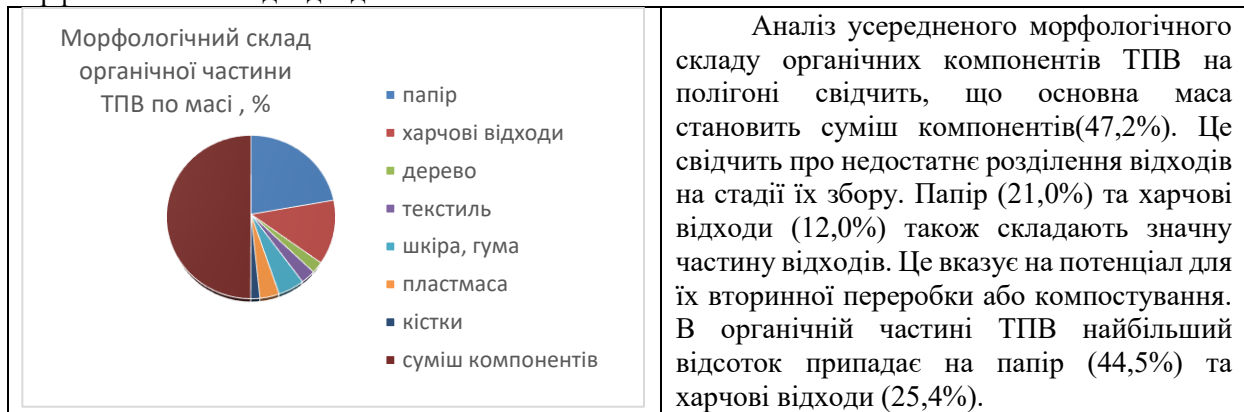
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького,  
80381, вул. В.Великого, 1,

м. Дубляни, Львівський район, Львівська область; [natabermes@gmail.com](mailto:natabermes@gmail.com)

**Abstract.** The study of the morphological composition of waste is an important tool for ensuring environmental safety, economic efficiency and sustainable waste management. The Stryi solid waste landfill is an important infrastructure object that ensures waste management in the region. The analysis of the average morphological composition of the organic components of solid waste at the landfill shows that the main mass is a mixture of components. Paper and food waste also make up a significant portion of waste.

Морфологічний склад відходів, що потрапляють на полігони твердих побутових відходів (ТПВ), має величезне значення з низки ключових причин. В першу чергу мова йде про екологічну безпеку, адже наявність небезпечних відходів є джерелом забруднення ґрунтових води та ґрунту. Органічні відходи на полігонах розкладаються з утворенням біогазу, що містить метан – парниковий газ, а вивчення морфології допомагає прогнозувати його обсяги та вживати заходів щодо використання. Важливим є питання економічної ефективності, бо аналіз дає змогу визначити, які відходи можуть бути використані як вторинна сировина, що дозволяє зменшити обсяги, що потрапляють на полігон, та відповідно зменшити витрати на їх захоронення. Аналіз морфологічного складу дозволяє прогнозувати обсяги утворення відходів у майбутньому та планувати необхідні потужності для їх обробки, розробляти ефективні стратегії поводження з відходами, дозволяє оцінити ефективність існуючих систем управління відходами та виявити необхідність їх удосконалення.

Стрийський полігон ТПВ є важливим об'єктом інфраструктури, який забезпечує поводження з відходами в регіоні. Полігон функціонує з 1949 року. Управління полігоном перейшло від Стрийської міської ради (через Стрийський МККП) до ТОВ «Грінера Стрий» у 2021 році. ТОВ «Грінера Стрий» має значні потужності з сортування ТПВ (75 000 тонн/рік) та отримання відсортованої продукції (31 752 тонн/рік). На полігон ТПВ ТОВ «Грінера Стрий» надходять відходи з різних джерел - житлових будинків, громадських установ, підприємств торгівлі, громадського харчування, офісів, готельних комплексів, вуличний та садово-парковий змет, будівельне сміття. Це свідчить про різноманітний морфологічний склад відходів.



Результати дослідження свідчать, що необхідно впроваджувати заходи для покращення роздільного збору відходів, особливо паперу та харчових відходів, розглянути можливість організації компостування харчових відходів та переробки паперу для зменшення обсягів відходів, що потрапляють на полігон. Ця інформація підкреслює необхідність оптимізації процесів управління відходами, з акцентом на роздільний збір та переробку органічних компонентів. Важливим завданням є також проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності населення про важливість роздільного збору та переробки відходів.

РУБЛЬОВ В.В., ФЕДОНЮК М.А. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕКТОНІЧНИХ РОЗЛОМІВ ТА КІЛЬЦЕВИХ СТРУКТУР ВОЛИНИ ЗА ДИСТАНЦІЙНИМИ ДАНИМИ

*Волинське відділення МАН України  
43024, вул. Чорновола, 3, Луцьк, Україна; vvman92@gmail.com*

**Abstract.** The work is devoted to the study of the features of the display and search methods for identifying tectonic faults in the relief and landscapes of the region. An algorithm for searching for fault structures based on remote sensing data is proposed, modification of 3D relief models is applied for better visualization of linear and ring structures, and the severity of many faults in the relief of the Volyn and Rivne regions is assessed.

Тектонічна будова значною мірою визначає природні особливості регіонів, а також можливості та особливості антропогенного освоєння. Від неї залежить сейсмічна стійкість території, наявність та характер залягання корисних копалин, рисунок гідрографічної мережі, характер і потужність зони активного водообміну поверхневих, ґрунтових і підземних вод тощо.

Волинський регіон знаходиться в межах стабільної тектонічної структури, тому не зазнає значних геологічних потрясінь, пов'язаних із сейсмічною активністю. Але, попри це, у ньому наявні десятки різних лінійних та кільцевих тектонічних структур, які значною мірою впливають на природні умови території. Більшість із них непомітні на перший погляд, але можуть бути виявлені при аналізі космічних знімків.

Ми провели дослідження можливостей ідентифікації таких структур за різними супутниковими даними та моделями рельєфу. Вихідними даними для роботи слугували літературні джерела, картографічні матеріали, моделі рельєфу DEM Copernicus та ін., супутникові знімки у GoogleEarthPro та EO-Browser.

Спочатку проведено пошук картосхем вже виділених, існуючих розломів. Після цього ми робили прив'язку цих картосхем до супутникових знімків у програмі GoogleEarth. Потім виділяли кожен розлом окремою лінією, зберігаючи окремим файлом. Окремо виділені тектонічні лінійні розломи, окремо – кільцеві структури. Наступним етапом був пошук відповідності цих ліній якимось структурам рельєфу чи ландшафтів. Для початку аналізувались безпосередньо самі космічні знімки у програмі GoogleEarthPro, в районі обведеного розлому шукались розриви в рослинному покриві, у кольорах поверхні, особливості гідрографічної мережі тощо. Наступним етапом переглядалися попередні космознімки за інші роки та різні сезони. Далі використовувалися мультиспектральні знімки, (Sentinel-2, Landsat-8), переважно комбінації індексів вегетації (NDWI), вологості (NDMI) ближнього інфрачервоного SWIR.

Наступний етап – це власне співставлення виявлених на космознімках розломів із картами висот. Оскільки в межах Волинської області висоти змінюються в межах від 140 – 290 м, то в стандартній шкалі DEM 30 вони дуже слабко відображаються. Щоб покращити відображення, ми змінювали цю шкалу саме під такі висоти, з кроком 10 м. Також модифікували окремі вузькі діапазони висот (180м, 215м) для підкреслення відмінностей окремих територій.

У своїй роботі ми окреслили десятки розломів та 16 відомих кільцевих структур, але ще кілька виглядають як ймовірно існуючі.

Найчіткіше майже на усіх знімках виділяється Маневицька кільцева структура, інші – по різному. Деякі з виділених попередньо кільцевих структур не виявлено на картах рельєфу і знімках, а деякі – виявлено тільки у певних комбінаціях. Для значної частини досліджених структур встановлено, які з них чіткі й точно виділяються, а які непомітні, а можливо – були неправильно виділені. Також вдалось оконтурити деякі структури, про які ми не знаходили згадок у літературних джерелах. Їх потрібно дослідити ретельніше за комплексом даних. Значна частина закартованих розломів ще не достатньо вивчена, це буде завданням для подальших досліджень.

Результати роботи може бути використано для оцінки геоекологічних ризиків, укладання комплексних планів просторового розвитку, вдосконалення системи моніторингу довкілля.

ГЛОВИН Н. А., КРИВЕНКО Г. М. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ІНТЕГРАЦІЯ BIG DATA ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТИ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул.Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна. [galyna.kryvenko@nung.edu.ua](mailto:galyna.kryvenko@nung.edu.ua)*

**Abstract.** Oil spills represent a significant form of environmental pollution arising from anthropogenic factors, accidents, and disasters during the production, refining, transportation, and storage of oil and petroleum products. Traditional methods for detecting and mitigating spills often fall short due to delayed response times. Integrating information technology (IT) into the processes of predicting and managing oil spills is a crucial step toward enhancing environmental safety and promoting sustainable development.

Нафтові розливи становлять серйозну загрозу для екосистем, водних ресурсів та економіки прибережних регіонів. Традиційні методи моніторингу та реагування, зокрема механічне збирання нафти та застосування хімічних реагентів, часто не дають належного результату через обмеження ресурсів і затримки у ліквідації забруднення. Водночас впровадження інформаційних технологій та аналізу великих даних (Big Data) відкриває нові можливості для точнішого прогнозування розливів та оперативнішого реагування, шляхом інтеграції даних з супутників, давачів та метеорологічних систем. Однак це стикається з проблемами обробки великих обсягів різномірної інформації та інтеграції з існуючими системами моніторингу, що вимагає розробки нових підходів для зниження екологічних і економічних наслідків.

Метою дослідження є аналіз використання технологій Big Data для ефективної боротьби з нафтовими розливами. Особлива увага приділяється застосуванню супутникових знімків та IoT-давачів для раннього виявлення розливів, а також використанню алгоритмів машинного навчання для прогнозування аварій та оцінки потенційних ризиків. Big Data охоплює як сукупність технологій, методів, інструментів і підходів, спрямованих на обробку великих обсягів даних, так і самі обсяги даних, що не піддаються ефективній обробці традиційними методами через їхній обсяг, різноманітність і швидкість оновлення. Застосування Big Data дозволяє не лише оперативно виявляти розливи на ранніх етапах, а й прогнозувати можливі аварії, оптимізувати процеси ліквідації забруднень та мінімізувати екологічні наслідки. Аналізуючи історичні дані про нафтові аварії, інфраструктуру трубопроводів та метеорологічні умови, можна створювати прогностичні моделі, що враховують такі фактори як вік трубопроводів, частоту їх обслуговування та погодні умови. За допомогою алгоритмів машинного навчання можна передбачити місця потенційних витоків нафти, що дозволяє вжити профілактичні заходи, такі як посилений моніторинг чи ремонт найбільш уразливих ділянок інфраструктури. Після виявлення розливу критично важливим є швидке і ефективне усунення наслідків забруднення. Для цього Big Data застосовує технології штучного інтелекту (AI), які допомагають координувати дії екологічних служб та роботу роботизованих систем, таких як дрони, автономні роботи та судна. AI аналізує ситуаційні дані в режимі реального часу, дозволяючи оперативно визначити найбільш ефективні методи ліквідації, зокрема застосування сорбентів чи хімічних реагентів. Це дозволяє мінімізувати час реагування та зменшити екологічні наслідки. Окрему роль у виявленні нафтових розливів відіграють алгоритми глибокого навчання (Deep Learning), які забезпечують автоматизовану обробку великих обсягів супутникових даних. Ще одним видом швидкої реакції виступає Інтернет речей (IoT). Це зможе стати незамінним інструментом для моніторингу нафтових витоків, завдяки своїй здатності в режимі реального часу збирати, обробляти та передавати дані з різноманітних джерел. Інтеграція таких інноваційних технологій сприяє формуванню більш екологічно відповідальної та безпечної нафтовидобувної галузі. Оптимізація процесів виявлення, прогнозування та ліквідації розливів, а також зниження часу реагування на аварії допомагають зменшити екологічні та економічні ризики. Це забезпечує сталий розвиток галузі та захист навколишнього середовища, що є важливим аспектом для майбутнього.

**КОМПОСТУВАННЯ ХВОЙНИХ ВІДХОДІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНЕ РІШЕННЯ**

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, Північний кампус, 80381, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівський район, Львівська область; [maksymychoi@lnup.edu.ua](mailto:maksymychoi@lnup.edu.ua), [firsanov.deniska@ukr.net](mailto:firsanov.deniska@ukr.net)

*Abstract. Composting is an environmentally friendly way of disposal of coniferous waste. Coniferous waste occupies a significant volume in landfills, and its composting will turn waste into a useful product, reducing the burden on landfills. For the successful composting of coniferous waste, it is necessary to carry out a number of operations, in particular, grinding, mixing with other materials, aeration, maintaining humidity, adding composting activators. Composting coniferous waste is an important step towards sustainable waste management and conservation of natural resources.*

Компостування є екологічно чистим способом утилізації хвойних відходів, на відміну від спалювання, яке призводить до забруднення повітря, допомагає запобігти поширенню шкідників та хвороб, які можуть розвиватися у гниючих хвойних відходах. Важливим аспектом є також зменшення ризику пожеж, адже велика кількість сухих хвойних відходів в лісі, чи в саду, підвищує ризик пожеж, а компостування дозволяє усунути цей ризик, перетворюючи потенційно небезпечний матеріал на корисний продукт.

Компостування хвойних відходів, попри свою складність, має низку низку переваг, як для екологічної безпеки, так і для практичного використання. Хвойні відходи, такі як хвоя, гілки, шишки та кора, займають значний обсяг на полігонах ТПВ, а їх компостування дозволить перетворити відходи на корисний продукт, зменшуючи навантаження на сміттєзвалища, що особливо актуально в регіонах з великою кількістю хвойних лісів. Компост з хвойних відходів, хоча і має кислу реакцію, може мати широке застосування для поліпшення структури та родючості ґрунту, бо забезпечує надходження органічних речовин, покращує його вологоутримуючу здатність та аерацію, використовуватися в господарствах, що займаються вирощуванням рослин, які віддають перевагу кислим ґрунтам, наприклад, рододендронів, азалій, лохини. Компост з хвойних можна використовувати для мульчування ґрунту, що допомагає зберегти вологу, запобігти росту бур'янів та захистити кореневу систему рослин від перепадів температур.

Компостування хвойних відходів (хвоя, гілки, шишки, кора) є складнішим процесом, ніж розкладання листяних решток, але при правильному підході його можна ефективно організувати на компостувальній станції. Є низка особливостей хвойних відходів у компостуванні. В першу чергу це кислотність, адже хвойні відходи мають кислу реакцію, що може впливати на баланс мікроорганізмів у компості та сповільнювати процес розкладу. Важливим є також високий вміст смол та ефірних олій, бо вони уповільнюють процес розкладання, оскільки вони мають антимікробні властивості. Гілки та кора хвойних розкладаються повільніше, ніж листяні відходи, через їхню тверду структуру (від 6 місяців до 2 років).

Для успішного компостування хвойних відходів є необхідність проведення низки операцій, зокрема подрібнення, змішування з іншими матеріалами, аерація, підтримання вологості, додавання активаторів компостування. В перше чергу перед компостуванням необхідно подрібнити хвойні відходи, що збільшить площу робочої поверхні та прискорить процес розкладання. Для збалансування кислотності та покращення аерації, хвойні відходи слід змішувати з іншими органічними матеріалами, а регулярне перемішування забезпечить доступ кисню, необхідного для аеробних мікроорганізмів. Компостна купа повинна бути достатньо вологою, але не перезволоженою. Для прискорення процесу розкладання можна використовувати спеціальні препарати, що містять корисні мікроорганізми.

Компостування хвойних відходів потребує більше часу та уваги, але за правильного підходу дозволяє отримати якісний органічний продукт, який можна використовувати для удобрення та покращення структури ґрунту. Компостування хвойних відходів є важливим кроком до сталого управління відходами та збереження природних ресурсів.

УМНОВ І.Д., ТРУС І.М. (УКРАЇНА, КИЇВ)  
**УТИЛІЗАЦІЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ**  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»*  
*03056, просп. Берестейський, 37, Київ, Україна; umnovigor4@gmail.com*

**Abstract.** Developing effective methods for processing and disposing of pharmaceutical waste is essential to maintaining environmental balance and human health. A comprehensive approach is needed, including legislative regulation, technological innovations in production and waste processing, and raising public awareness about the proper disposal of pharmaceuticals. Future research should focus on developing environmentally safe and economically efficient pharmaceutical waste disposal methods.

Станом на сьогоднішній день спостерігається збільшення кількості утворених відходів. Оскільки в Україні і переробка відходів і економічне доцільне управління ними є досить ресурсоємними, тому більшість відходів захоронюються на сміттєзвалищах чи спалюються, а не переробляються. Критичним є питання утилізації особливо небезпечних відходів, зокрема фармацевтичних. Фармацевтичні відходи становлять значну загрозу для довкілля та здоров'я людини. Нині досить гостро стоїть питання наявності хімічних складових фармацевтичних відходів у довкіллі, оскільки їх сліди виявлені у поверхневих водах багатьох країн та ґрунті. Ситуація ускладнюється за рахунок розвитку фармацевтичної індустрії, особливо під час пандемій, що призводить до значного підвищення як відходів споживання, так і виробництва.

Фармацевтичні відходи є досить небезпечними, що пов'язано з їх стійкістю в довкіллі, високої токсичності навіть при низьких концентраціях, потенційним синергетичним і кумулятивним ефектом при взаємодії з певними речовинами в навколишньому природному середовищі.

Фармацевтичні відходи при постійному та тривалому потраплянні в довкілля є досить стійкими поллютантами, які можуть мати токсичний, мутагенний та гормональний вплив.

На кожному етапі життєвого циклу фармацевтичної продукції утворюються відходи, зокрема на етапі виробництва – відходи виробництва та викиди вуглецю і інших токсичних речовин, що утворюються при хімічному синтезі ліків; на етапі продажу та споживання – нагромадження фармацевтичних відходів, що утворюються внаслідок протермінування їх дії; на етапі утилізації – накопичення ліків внаслідок неналежної їх утилізації, оскільки не лише не існує механізму повернення невикористаних ліків, але і відсутні законодавчі механізми контролю за небезпечними фармацевтичними відходами.

Зростання виробництва лікарських засобів і збільшення їх споживання призводять до нагромадження великої кількості відходів, які потребують безпечної утилізації.

Питання поводження з фармацевтичними відходами в Україні є недостатньо вирішене, оскільки відсутня єдина, ефективна, налагоджена система для забезпечення повного циклу поводження з даними відходами.

Отже, розробка ефективних методів обробки та утилізації фармацевтичних відходів є необхідною умовою для збереження екологічної рівноваги довкілля та здоров'я людини. Важливим є впровадження комплексного підходу, який включає законодавче регулювання, технологічні інновації в сфері виробництва та переробки утворених відходів та підвищення обізнаності населення щодо належної утилізації лікарських засобів. Майбутні дослідження повинні бути спрямовані на розробку екологічно безпечних та економічно ефективних методів утилізації фармацевтичних відходів.

У світі фармацевтичні відходи утилізують через спеціалізовані програми збору, спалювання в високотемпературних печах, хімічну нейтралізацію та сучасні методи біотехнологічного розкладання. Країни ЄС дотримуються принципу розширеної відповідальності виробника (EPR), де фармкомпанії фінансують безпечну утилізацію ліків. В Україні варто запровадити подібну систему, посилити контроль за утилізацією в аптеках і медзакладах, а також популяризувати програми повернення прострочених ліків, щоб зменшити екологічний вплив.

<sup>1</sup>ЦИБУЛЯ Д.О., <sup>1</sup>ПРИДАЧУК Л.О., <sup>2</sup>ЦИБУЛЯ М.М., <sup>2</sup>КАЛЬНЮК М.М. (УКРАЇНА, ІЗЯСЛАВ)

## РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА *CICONIA CICONIA* L. В МЕЖАХ СЕЛА РАДОШІВКА ШЕПЕТІВСЬКОГО РАЙОНУ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ (2022–2024 РОКИ)

<sup>1</sup>Радосівський ліцей Ізяславської міської ради  
30330, вул. Центральна, 3, с. Радосівка, Хмельницька обл.

<sup>2</sup>Національний природний парк «Мале Полісся»,  
30300, вул. Михельська, 32, м. Ізяслав, Хмельницька обл.

**Abstract.** According to the results of a study of white stork nesting during 2022–2024 within the village of Radoshivka, Shepetivsky district, Khmelnytsky region, up-to-date, reliable information was established on the number of nests, the nature of their supports, the number of adult birds and young birds, the calendar dates of spring and autumn migration of these birds, the dates of the appearance of chicks, stork feeding areas were identified and studied, educational work was carried out among local residents, and environmental protection measures were outlined.

Охорона і збереження біорізноманіття є одним із пріоритетних завдань сучасності, оскільки воно є найважливішим природним ресурсом, глобальним надбанням всього людства та національним надбанням кожної держави. Збереження популяції лелеки білого (*Ciconia ciconia* L.). має важливе значення для екосистем, оскільки цей вид виконує роль регулятора чисельності дрібних тварин і комах, індикатора стану довкілля, зокрема водно-болотних угідь, а також є частиною культурної та природоохоронної спадщини України.

Вивчення особливостей гніздування *C. ciconia* у селі Радосівка Шепетівського району Хмельницької області є актуальним для оцінки стану його популяції та визначення факторів, що впливають на її чисельність. Чисельність, особливості екології даного виду в Хмельницькій області вивчені недостатньо. Більшість матеріалів у науковій літературі опубліковані за результатами локальних обліків та спостережень, а не постійного системного моніторингу. Відтак, результати досліджень є неповними, фрагментарними, не можуть висвітлювати сучасний стан популяції вказаного виду на Хмельниччині. На досліджуваній території – с. Радосівка та його околицях дослідження чисельності *C. ciconia* проводились востаннє у 2007 р.

У 2023 та 2024 роках на досліджуваній території було розміщено 24 гнізда *C. ciconia*. Більшість гнізд побудовані 10–20 років тому (лише 3 нових).

Найбільш популярним місцем розташування гнізд є опори ліній електропередач (ЛЕП) (21 гніздо), 2 гнізда розташовано на водонапірних вежах і 1 гніздо на димарі.

Неодноразово, на великих гніздах ЛЕП спостерігалися випадки пожеж (за розповідями місцевих жителів), що шкодили чи руйнували гнізда та несли загрозу лелекам і людям. Для зменшення загрози, спільно із енергетиками, варто встановлювати на електроопори штучні платформи, які б стали успішним рішенням важливої та актуальної проблеми.

Спостерігається позитивна динаміка розмноження лелеки – у 2022 році вигодовано 23 пташеняти, у 2023 році – 40 пташенят, у 2024 році – 42 пташеняти. Також, спостерігається позитивна динаміка приросту чисельності популяції *C. ciconia* протягом останніх десятиліть: у порівнянні з даними М. В. Франчука 2007 р.

У виводку найчастіше перебувало 2 пташенят. У 2023 та 2024 роках в одному гнізді було відмічено навіть по 4 пташенят. Середня кількість пташенят на одну пару становить 1,9–2 за два останні роки.

У межах с. Радосівка кормовими територіями для місцевих лелек є вологі заплавні луки, пасовища, болото в урочищі «Шкориняча», заплава річки Горинь та місцевий ставок, поля місцевих агропідприємств та городи жителів села.

З метою популяризації знань про значення *C. ciconia* та важливість охорони цього виду було проведено просвітницьку роботу серед здобувачів освіти та місцевого населення.

Пропонуємо на ділянці території села Радосівка з найбільшою концентрацією гнізд *C. ciconia* створити (оголосити) зоологічну пам'ятку природи місцевого значення, що стане метою наших подальших досліджень, що сприятиме охороні, та збереженню місцевої популяції даного виду птахів.

ЯВОРСЬКИЙ О.Є., КОРЧАК Б.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ: ЕКОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА НЕОБХІДНІСТЬ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна; oleh.y.yavorskyi@lpnu.ua*

**Abstract.** The regeneration of waste oils is considered an important strategy for minimizing environmental pollution and conserving natural resources. The environmental consequences of uncontrolled handling of waste oils and the economic and resource benefits of their regeneration are analyzed. The main regeneration technologies, including physical, chemical and physicochemical methods, are described. Social responsibility, legislative regulation and international cooperation are important for effectively implementing regeneration programs.

Відпрацьовані оливи (ВО), що виникають внаслідок експлуатації різноманітних механізмів, становлять серйозну загрозу для довкілля. Їх склад, насичений токсичними сполуками, такими як важкі метали, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) та продукти окиснення, що вимагає комплексного підходу до їх подальшої утилізації та регенерації.

### **Екологічні імперативи регенерації:**

– мінімізація забруднення ґрунтових та водних ресурсів: Просочування відпрацьованих олив у ґрунт призводить до довготривалого забруднення, що негативно впливає на біорізноманіття та якість підземних вод. ПАВ, що містяться в оливах, мають високу токсичність та канцерогенність, що створює ризик для здоров'я людини;

– зниження атмосферних викидів: Спалювання відпрацьованих олив призводить до викидів дрібнодисперсних часток, оксидів сірки та азоту, а також ПАВ, що сприяє утворенню смогу та посиленню парникового ефекту;

– запобігання екосистемним порушенням: Неконтрольоване потрапляння відпрацьованих олив у водойми призводить до утворення плівки, що перешкоджає газообміну та фотосинтезу, що завдає шкоди водним екосистемам.

### **Економічні та ресурсні переваги:**

– циркулярна економіка та ресурсозбереження: Регенерація олив є ключовим елементом циркулярної економіки, що дозволяє зменшити залежність від первинних ресурсів та скоротити обсяги відходів.

– енергоефективність: Процес регенерації потребує значно менше енергії, ніж виробництво нових олив з сировини нафти, що сприяє зменшенню викидів CO<sub>2</sub> та економії енергоресурсів;

– створення доданої вартості: Регеновані оливи можуть використовуватися в різних галузях промисловості, що створює додаткову вартість та сприяє розвитку "зелених" технологій.

**До технологічних аспектів регенерації ВО** можна віднести такі методи, як: фізичні (фільтрація, седиментація та дистиляція); хімічні (кислотне та лужне очищення); фізико-хімічні (екстракція та адсорбція) та сучасні комбіновані технології (мембранні технології, нанофільтрація та каталітичні процеси). Вибір методу регенерації залежить від типу відпрацьованої оливи та вимог до якості регенованого продукту.

Регенерація відпрацьованих олив є не лише екологічною та економічною необхідністю, але й питанням соціальної відповідальності. Кожен з нас може зробити свій внесок у збереження довкілля, здаючи відпрацьовані оливи на переробку. Необхідне чітке законодавче регулювання збору, транспортування та регенерації відпрацьованих олив, а також стимулювання підприємств до впровадження "зелених" технологій.

Обмін досвідом та технологіями між країнами сприяє розвитку галузі регенерації та гармонізації екологічних стандартів.

Регенерація відпрацьованих олив є невід'ємною частиною стратегії сталого розвитку. Її впровадження дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля, зберегти природні ресурси та забезпечити економічні вигоди. Потрібен комплексний підхід, що включає розвиток технологій, законодавче регулювання та підвищення екологічної свідомості суспільства.

ХВИСЮК О. В., САВЧУК Л. А. (УКРАЇНА, ЛУЦЬК)

## БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЛІСІВ ТА ЙОГО РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ

*Волинський національний університет імені Лесі Українки*

*43025, просп. Волі, 13, Луцьк, Україна;*

[post@vnu.edu.ua](mailto:post@vnu.edu.ua)

**Abstract.** One of the key challenges in increasing the overall forest resource potential is the restoration of forest biodiversity, which contributes to creating added value and enhancing the economic, social, and environmental significance of forest ecosystems. Numerous international environmental conventions aim to establish organizational, economic, and production-technical conditions for the regeneration of forest biodiversity as a crucial factor in the development and preservation of natural heritage.

Ліси відіграють вирішальну роль у збереженні біорізноманіття, слугуючи середовищем існування для тисяч видів флори і фауни, серед яких чимало ендемічних або таких, що перебувають під загрозою зникнення. Різноманітність лісових екосистем формує унікальні умови для життя різних видів дерев і забезпечує підтримку складних екологічних взаємозв'язків.

Ефективне управління лісами має базуватися на принципах сталого розвитку, які інтегрують економічне використання ресурсів із збереженням їхньої екологічної цінності. Це включає збереження природних ландшафтів, підтримку екосистемних процесів, відновлення деградованих територій та раціональне використання лісових ресурсів. Важливо також враховувати соціальну складову, зокрема участь місцевих громад у прийнятті рішень щодо лісокористування та поширення практик відповідального лісового господарства.

Сталий підхід до лісокористування ґрунтується на принципах збереження природних екосистем, підтримки біорізноманіття та відповідального використання лісових ресурсів. Замість суцільної вирубки запроваджуються вибіркові методи заготівлі деревини, що дозволяють зберігати природну структуру лісу, підтримувати екологічну рівновагу та створювати сприятливі умови для дикої природи.

Важливим елементом цього підходу є лісовідновлення, яке включає заліснення вирубаних і деградованих територій, а також сприяння природним процесам відновлення екосистем. Одночасно зі штучним насадженням дерев проводяться заходи для збереження підросту та самовідновлення лісу, що підвищує його стійкість до змін клімату й антропогенних впливів.

Для охорони особливо цінних природних зон створюються заповідники, національні парки та заказники, які забезпечують захист старовікових лісів і унікальних екосистем. Такі території відіграють ключову роль у збереженні рідкісних і зникаючих видів рослин і тварин, а також у регулюванні кліматичних процесів завдяки здатності лісів до поглинання вуглецю.

Моніторинг стану лісових масивів і впровадження науково обґрунтованих заходів дозволяють своєчасно реагувати на виклики, пов'язані зі змінами клімату, зменшенням біорізноманіття та деградацією ґрунтів. Використання сучасних технологій, зокрема супутникового спостереження та дистанційного зондування, допомагає контролювати динаміку змін і приймати ефективні рішення щодо управління лісами.

Цей підхід також є важливою складовою глобальних екологічних ініціатив, спрямованих на охорону біорізноманіття та пом'якшення наслідків кліматичних змін. Особлива увага приділяється збереженню пралісів і старовікових лісів, які відіграють унікальну роль у підтримці складних екологічних взаємозв'язків і забезпеченні середовища існування для багатьох видів.

Отже, захист цих лісів є стратегічним завданням, оскільки вони сприяють збереженню екологічної рівноваги, природної гармонії та сталого розвитку як на локальному, так і на глобальному рівнях.

ПАТОКА І.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ ВТРАТ, ЗАВДАНИХ ПРИРОДНИМ ЕКОСИСТЕМАМ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

*Інститут географії НАНУ*01030, вул. Володимирська, 44, Київ, Україна, [patoka.iryana@ukr.net](mailto:patoka.iryana@ukr.net)

**Abstract.** The result of the study is proposals for the introduction of modern approaches to determining compensation for damage caused to natural ecosystems as a result of hostilities in order to restore the degraded environment and create conditions for sustainable spatial development.

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну зробило актуальним питання компенсації втрат, пов'язані із забрудненням та деградацією екосистем внаслідок бойових дій, і це завдання набагато ширше, ніж оцінка збитків довкіллю. Екосистемне визначення компенсаційних заходів відшкодування збитків від забруднення навколишнього природного середовища є складовою сталого використання довкілля та збереження біорізномайття. Одним із інструментів, спрямованих на його забезпечення, є екологічна відповідальність, що являє собою зобов'язання суб'єкта деструктивної для навколишнього природного середовища діяльності вжити заходи щодо запобігання настанню екологічної шкоди чи ліквідації наслідків екологічної шкоди для відновлення природних ресурсів до вихідного стану, що існував до її заподіяння, та компенсація ним витрат на проведені заходи.

Стратегічна мета компенсаційного механізму відшкодування збитків від забруднення та знищення екосистем полягає у створенні умов для відновлення деградованого довкілля. Тому перспективним можна вважати використання в алгоритмі управління компенсаційними відносинами методів еквівалентних ресурсів на противагу лише оцінюванню і стягненню збитків у грошовому виразі, що сприятиме переорієнтації системи екологічної відповідальності в Україні на відновлення навколишнього природного середовища. Розмір екологічного збитку повинен оцінюватися переважно на основі оцінки необхідності і вартості відновлення постраждалих екосистем або їх функцій, що обумовлено метою відновлення довкілля.

Основою оцінки мають бути параметри та конфігурації відтворювальних процесів в екосистемах. Актуальні способи та методи усунення забруднення можуть визначати компетентні органи з високим ступенем прозорості та передбачуваності. Необхідно розробити нормативні процедури визначення обсягу відновлювальних робіт і належного контролю за їх реалізацією. Нормативний (на основі формул) метод визначення розміру збитку і грошової компенсації слід застосовувати тільки в тому випадку, якщо неможливо впровадити відновлювальні заходи.

В Україні необхідно в першу чергу проводити наступні реформи по впровадженню міжнародної практики в сфері відповідальності за заподіяння шкоди екосистемам:

- переорієнтувати законодавчі природоохоронні вимоги щодо відповідальності за нанесену шкоду довкіллю на забезпечення відновлення екосистем;
- впроваджувати об'єктивну екологічну відповідальність щодо небезпечної екологічної діяльності;
- оцінювати екологічні втрати перш за все виходячи з потреб і вартості відновлення екосистем, яким було завдано шкоди.

### Література:

1. Директива 2004/35/ЄС Європейського парламенту та Ради Європи «Про екологічну відповідальність за попередження та ліквідацію наслідків завданої навколишньому середовищу шкоди» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_965](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_965)

ГУДКОВ О.С (УКРАЇНА, КИЇВ)

**МОЖЛИВОСТІ СТАЛОГО ДИЗАЙНУ В АРХІТЕКТУРІ**

*Національний університет харчових технологій  
01033, вул.Володимирська, 68, Київ, Україна; [info@nuft.edu.ua](mailto:info@nuft.edu.ua)*

**Abstract.** Sustainable design in architecture is a comprehensive approach that aims to minimize the negative impact of buildings on the environment while improving human well-being. It encompasses the principles of energy efficiency, the use of renewable resources, sustainable materials, and the consideration of social and economic aspects. The text examines the key strategies, benefits, challenges, and future trends of sustainable design, highlighting its importance in creating a more sustainable future.

Сталий дизайн в архітектурі являє собою інтегрований, цілісний підхід, який позитивно впливає на всі етапи життєвого циклу будівлі. Цей підхід спрямований на мінімізацію негативного впливу будівель на навколишнє середовище, розглядаючи не лише екологічні, а й соціальні та економічні аспекти протягом усього життєвого циклу споруди. В умовах зростаючих екологічних проблем сталий дизайн набуває все більшого значення як спосіб створення більш відповідального та стійкого майбутнього для забудованого середовища.

Основоположні принципи сталого дизайну в архітектурі включають оптимізацію експлуатаційних характеристик будівлі та мінімізацію її негативного впливу на мешканців і довкілля. До ключових принципів належать оптимізація потенціалу ділянки, мінімізація споживання невідновлюваної енергії та відходів, використання екологічно чистих матеріалів, захист і збереження води, поліпшення якості повітря в приміщеннях, вдосконалення експлуатаційних і технічних практик, а також створення здорового та продуктивного середовища. Найважливішою метою є енергоефективність протягом усього життєвого циклу будівлі, причому пріоритет надається пасивним системам, які використовують переваги розташування будівлі, такі як природне освітлення та вентиляція. Такий інтегрований підхід передбачає, що питання сталого розвитку розглядаються не як окремі елементи, а як невід'ємна частина всього процесу проектування, вимагаючи співпраці та цілісного бачення від усіх зацікавлених сторін.

Для досягнення цілей сталого дизайну застосовуються різноманітні стратегії та технології. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрові турбіни, є ключовим елементом для зменшення залежності від викопного палива. Важливу роль відіграє застосування сталих матеріалів, включаючи перероблені, придатні для вторинної переробки та місцеві ресурси. Заходи щодо збереження води, такі як збір дощової води та повторне використання стічних вод, також є невід'ємною частиною сталого дизайну. Пасивні методи проектування, спрямовані на опалення, охолодження та вентиляцію, використовують природні кліматичні умови для мінімізації потреби в механічних системах. Крім того, постійно з'являються інноваційні матеріали та системи.

Для оцінки та підтвердження рівня сталого розвитку будівель існують різні стандарти та сертифікації. Переваги сталого дизайну є багатогранними. Екологічні переваги включають зниження споживання енергії та викидів вуглецю, збереження природних ресурсів та захист екосистем. Соціальні переваги охоплюють поліпшення якості повітря в приміщеннях, створення здоровішого та продуктивнішого середовища для мешканців, а також підвищення добробуту громади. Соціальна стійкість, інклюзивність та залучення громади набувають все більшого значення. Економічні вигоди включають зниження довгострокових експлуатаційних витрат, підвищення вартості нерухомості та створення робочих місць у галузі зеленого будівництва.

У майбутньому сталий дизайн стане невід'ємною частиною архітектури, з акцентом на будівлях з нульовим енергоспоживанням, розширеним використанням перероблених та місцевих матеріалів, а також інтеграцією розумних технологій. Людсько-орієнтований та стійкий до кліматичних змін дизайн набуватимуть все більшого значення. Важливу роль відіграватиме інтеграція принципів сталого розвитку в архітектурну освіту для підготовки майбутніх фахівців. Стала архітектура також є ключовим елементом міського планування, сприяючи енергоефективності, створенню зелених зон та пом'якшенню наслідків стихійних лих у містах.

Отже, сталий дизайн в архітектурі має значний потенціал для створення більш екологічно відповідального, соціально справедливого та економічно вигідного забудованого середовища. Його подальший розвиток є необхідною умовою для вирішення глобальних проблем та формування сталого майбутнього.

СВІТЛИК І.Р., ВРОНСЬКА Н.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

Національний університет “Львівська політехніка” 79000, вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна; [ihor.svitlyk.meoes.2024@lpnu.ua](mailto:ihor.svitlyk.meoes.2024@lpnu.ua)

**Abstract.** One of the major environmental challenges in the Lviv region is waste management. After the closure of the Hrybovychi landfill in 2016, the region has faced significant difficulties in handling household waste. The lack of proper waste sorting and recycling facilities has led to illegal dumping and pollution. Moreover, transporting waste to other regions is costly and causes conflicts with local communities.

Одна з головних проблем екології в Львівській області є переробка та утилізація твердих побутових і промислових відходів. Відходи, що нагромаджуються на сміттєзвалищах у великій кількості, створюють проблему екологічно небезпечного спрямування у зв'язку із забрудненням довкілля, а саме – ґрунту, поверхневих і підземних вод, атмосфери. В Україні здебільшого основним методом видалення твердих побутових відходів залишається захоронення їх на полігонах та неорганізованих звалищах разом з промисловими відходами 3 і 4 класу небезпеки. Майже 80 % полігонів не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

Щорічно у Львові накопичується величезна кількість ТПВ, з них близько 70% – побутові та 30% – промислові. Внаслідок експлуатації Грибовицького міського сміттєзвалища площею 33,3 га з об'ємом накопичення близько 50 млн м<sup>3</sup> відходів воно перетворилось на об'єкт, що спричиняє негативний екологічний вплив на довкілля. В травні 2016 року виникла серйозна проблема з вивезенням ТПВ через те, що на Грибовицькому сміттєзвалищі у Львівській області стався масштабний обвал, в результаті якого загинули 4 особи і саме через те, звалище було зачинене. В області складувати його стало ніде, а інші регіони України були не в змозі його брати. Спершу ТПВ звозили на сміттєзавод «Енергія» у Києві, але після того, як він припинив роботу через плановий ремонт, проблема почала набирати обертів.

Шляхи вирішення проблеми: побудова сміттєпереробного заводу, що міг б задовольнити потреби цілої Львівської області в утилізації і переробці ТПВ, освідомлення більшої кількості громадян щодо роздільного збору ТПВ і наявності контейнерів для роздільного збору – пластику, паперу, скла або органіки, контроль за нелегальними звалищами та впровадження системи штрафів за порушення, залучення інвестицій у сферу екологічної утилізації відходів.

З 2016 року Львів активно працює над покращенням ситуації, підвищуючи обізнаність громадян щодо роздільного збору відходів, а також дедалі частіше встановлюючи контейнери для пластику та скла. З 2021 року у Львові на вулиці Пластовій триває будівництво сміттєпереробного заводу. Попри численні затримки, станом на 23 січня 2025 року комплекс площею 9,66 га зведено на 80%. Планове відкриття заплановане на червень того ж року. Сміттєпереробний завод зможе переробляти 250 тис. тонн твердих побутових відходів на рік. У результаті біосудіння 30% відходів буде втрачатися, 25% перетворюватиметься на RDF-паливо, ще 25% – на технічний компост, до 15% відправлятиметься на захоронення, а 5% підлягатиме переробці. Це суттєво вирішить проблему з відходами та дозволить місту щорічно заощаджувати значні кошти.

Проблема твердих побутових відходів у Львівській області залишається актуальною через недостатню інфраструктуру для їхнього збору, переробки та утилізації. Неконтрольоване накопичення сміття негативно впливає на довкілля, здоров'я населення та екологічний стан регіону. Вирішення цієї проблеми вимагає комплексного підходу, що включає розвиток сучасних технологій переробки, впровадження ефективної системи роздільного збору відходів і посилення екологічної свідомості громадян. Важливу роль відіграють державні програми, міжнародні ініціативи та активна участь місцевих громад. Лише поєднання зусиль влади, бізнесу та населення дозволить зменшити обсяг відходів і створити більш чисте та безпечне довкілля для майбутніх поколінь.

**МАРТИНІВ І.М., ВРОНСЬКА Н.Ю. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)**

## **МІКРОПЛАСТИК: ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЙОГО ПОШИРЕННЯ**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. Ст. Бандери, 12, Львів*

**Abstract.** Microplastics are a serious environmental threat to aquatic ecosystems, affecting biodiversity and the health of living organisms. Small plastic particles enter water bodies from industrial and domestic sources and accumulate in fish and marine organisms, which ultimately affects humans. Studying the impact of microplastics on the environment is important for understanding the scale of the problem and finding effective solutions. Methods to reduce pollution include improving water filtration systems, reducing the use of plastic, recycling, and introducing environmentally friendly alternatives. Government initiatives and international agreements also play a key role in combating this problem.

Мікропластик – це дрібні пластикові частинки розміром 5мм. Джерела утворення:

- первинний мікропластик – частинки, які є дрібні за розміром (засоби гігієни, мікрОВОлокна від синтетичного одягу);
- вторинний мікропластик – утворюється внаслідок руйнування більшого пластикового сміття (пляшок, пекетів, упаковок).

Шляхи потрапляння: стічні води, розпад пластикових відходів, промислові викиди, зношування автомобільних шин.

Мікропластик накопичується у водоймах, потрапляє до організмів планктону, риб, молюсків, морських птахів та ссавців. Руйнує екосистемні зв'язки та впливає на біорізноманіття.

Також мікропластик накопичується в ґрунтах через добрива, компост із відходів, стічні води. Порушує структуру ґрунту, знижує його родючість і впливає на розвиток рослин. Потрапляє в організм комах і тварин, які живуть у ґрунті, що впливає на харчові ланцюги.

До організму людини мікропластик потрапляє через воду, їжу та повітря. Впливає на клітини, спричиняючи запалення, зміни в ДНК.

Способи зменшення мікропластикового забруднення:

- скорочення виробництва та використання пластику, перехід на екологічні матеріали;
- сортування пластику по контейнерах та використання мішків для зменшення мікрОВОлокон при пранні синтетичного одягу;
- вдосконалення фільтрації на очисних спорудах, впровадження новітніх технологій;
- заборона мікропластику в косметичці, обмеження одноразових пластикових виробів.

Є ряд ініціатив та законодавчих ініціатив, спрямованих на зменшення впливу пластику на навколишнє середовище та здоров'я людини, а саме:

- Законодавчі ініціативи (в Україні обговорюють законопроект про заборону одноразового пластику, що зменшить мікропластикові відходи).
- Екологічні програми та ініціативи (в Україні вдосконалюють систему переробки пластику, зменшуючи його потрапляння в природу та утворення мікропластику).
- Освітні та просвітницькі кампанії (залучення громадськості до проблеми мікропластику стало ключовим напрямком, а державні й неурядові організації підвищують обізнаність через інформаційні кампанії).

- Співпраця з міжнародними організаціями (Україна долучається до міжнародних угод і проєктів ЄС для зменшення пластикових відходів, зокрема мікропластику в океанах, річках і на суші.).

Мікропластик становить серйозну загрозу для екології та здоров'я, і його вплив на довкілля з часом лише зростає. Забруднення води, ґрунтів і живих організмів токсичними частинками потребує негайних рішень на всіх рівнях – від індивідуальної екологічної відповідальності до державних і міжнародних заходів. Зменшення використання одноразового пластику, розвиток системи переробки та посилення контролю за пластиковими відходами допоможуть мінімізувати цю проблему. Усвідомлення небезпеки мікропластику та активні дії кожного сприятимуть збереженню довкілля й захисту здоров'я майбутніх поколінь.

ПАНЧЕНКО В.В. (УКРАЇНА, БРОВАРИ)  
 НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: ВЧИТЕЛЬ ВИЩОЇ КАТЕГОРІЇ, РОМАНЧЕНКО Т.О.  
**ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІТ  
 ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ**

*Броварський ліцей №3*

07401, вул. Благодатна, 80, Бровари, Україна; [romanchenko.tania2018@gmail.com](mailto:romanchenko.tania2018@gmail.com)

**Abstract.** The use of artificial intelligence in the field of environmental monitoring is an important step towards sustainable development, effective management of natural resources and preservation of ecosystems. A study of the dynamics of the value added of the information technology sector in the European Union in comparison with Ukraine was conducted. The study shows the need to use IT technologies to ensure environmental safety of Ukraine.

Дослідження використання ІТ технологій в екології, використання яких визначило б чіткі механізми сталого розвитку України і є одним із ключових пріоритетів на шляху до членства в ЄС. Штучний інтелект стає важливим інструментом у сфері екологічного моніторингу, сприяючи ефективному аналізу стану навколишнього середовища, особливо у період війни та євроінтеграційних процесів. Завдяки машинному навчанню та комп'ютерному спостереженню можна швидко обробляти великі масиви даних із супутників, дронів та сенсорних систем. Це дозволяє точно виявляти забруднення повітря, води й ґрунту, контролювати вирубку лісів та оцінювати вплив діяльності людини на екосистеми в цілому. Дрони дозволяють автоматично виявляти незаконну вирубку лісів, забруднення водних ресурсів та зміни у природних екосистемах. Завдяки цьому екологічні служби можуть швидше реагувати на загрози та вдосконалювати стратегії збереження природи. Дослідимо розвиток сектору ІТ в провідних країнах ЄС у порівнянні з Україною. (табл.1).

*Таблиця 1*

**Динаміка доданої вартості сектора ІКТ ЄС в 2021-2023 рр.**

| Країна     | 2021     | 2022     | 2023     | Темп приросту за три роки, % |
|------------|----------|----------|----------|------------------------------|
| Німеччина  | 3 086,38 | 3 276,38 | 3 509,63 | 13,71                        |
| Естонія    | 24,08    | 27,32    | 31,80    | 32,05                        |
| Франція    | 2 068,84 | 2 217,81 | 2 361,18 | 14,13                        |
| Хорватія   | 42,17    | 48,34    | 57,03    | 35,24                        |
| Латвія     | 26,28    | 29,15    | 34,31    | 30,54                        |
| Литва      | 44,71    | 50,53    | 61,30    | 37,12                        |
| Польща     | 463,44   | 501,55   | 583,19   | 25,84                        |
| Словаччина | 83,78    | 89,47    | 97,77    | 16,70                        |
| Фінляндія  | 206,16   | 217,47   | 233,65   | 13,33                        |
| Швеція     | 426,56   | 480,25   | 500,85   | 17,42                        |
| Норвегія   | 285,15   | 372,15   | 509,54   | 78,69                        |
| Швейцарія  | 633,07   | 668,24   | 756,64   | 19,52                        |
| Україна    | 4,89     | 5,41     | 7,34     | 50,11                        |

\*Дані переведені у національну валюту (гривню) за курсом НБУ

Відповідно до наведеної таблиці бачимо, що у період 2021-2023 рр. Німеччина посідає перше місце за динамікою доданої вартості сектора ІТ. Україна найбільш наближена до Естонії, показник нижчий у 2023 році на 24,46 тис. грн.

У роботі використані матеріали Євростату та Державної служби статистики щодо динаміки доданої вартості сектора ІТ за 2021-2023 рр.

Надалі необхідно розширювати застосування ІТ технологій, щоб підвищити точність і швидкість виявлення екологічних проблем та сприяти їх розв'язанню. Важливо використовувати дрони у мирних цілях для забезпечення екологічної безпеки країни.

ГРИЦЕНКО Н.В., МАЛЬОВАНІЙ М.С., СЕРЕДА А.С.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ КАПСУЛЬОВАНИХ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНОЮ КАПСУЛОЮ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; seredaa92@gmail.com*

**Abstract.** An analysis of the impact of mineral fertilizers used in agriculture on agroecosystems is carried out. It is established that one of the effective methods of reducing the negative impact of mineral fertilizers is the use of new forms - capsulated fertilizers with prolonged action. It is proposed to use biodegradable material to create a capsule.

Мінеральні добрива є одним із найефективніших і на сьогоднішній день незамінним засобом збільшення урожайності та поліпшення якості окремих параметрів продукції традиційного рослинництва. Застосовуючи мінеральні добрива за науково обґрунтованими рекомендаціями аграрії керують процесом живлення рослин, підвищують якість урожаю та родючість сільськогосподарських рослин, покращують фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту. Згідно даних наукових досліджень вчених - аграріїв науково обґрунтоване застосування мінеральних добрив дозволяє збільшити врожай основних сільськогосподарських культур в середньому на 40 - 50 %. Але існують і негативні наслідки застосування мінеральних добрив - значний вплив на навколишнє природне середовище внаслідок забруднення компонентів агроєкосистем елементами живлення, які не засвоїлись рослинами. Незасвоєні рослинами водорозчинні мінеральні солі добрив потрапляють у водойми, а сполуки нітрогену, які легко розкладаються в природніх умовах – ще і в атмосферу у вигляді оксидів нітрогену. Згідно оцінок науковців частка засвоєння рослинами елементів живлення складає біля 0,4 - 0,6. Це означає, що майже половина внесених в ґрунти мінеральних добрив не бере участі у малому біотичному циклі кругообігу, а забруднює агроєкосистеми. Таким чином, внесення надмірної кількості мінеральних добрив (чого практично неможливо уникнути із позицій забезпечення рослин необхідною кількістю елементів живлення) спричиняє значний негативний вплив на довкілля, рілльничу продукцію, фауну а також і на здоров'я населення.

На сьогоднішній день актуальним є поняття «вплив мінеральних добрив на агроєкосистему», яке доволі часто обговорюються в контексті екологічних та економічних складових. З точки зору економічних чинників у випадку додавання мінеральних добрив у ґрунт, збільшується якість та врожайність продуктів харчування, покращується структура ґрунту. Водночас враховуючи позицію охорони навколишнього середовища за великої кількості мінеральних добрив, що вноситься до ґрунту, відбувається зростання екологічного навантаження на агроєкосистеми. Однією із найбільш гострих проблем, яка спостерігається впродовж останніх десятиліть існування людства, є вплив на стан агроєкосистеми мінеральних добрив. Дослідження та визначення питання впливу на агроєкосистему мінеральних добрив є вагомим, оскільки в практичному та теоретичному значеннях тісно взаємодіє із допустимим рівнем впливу людських чинників на природні, а також і на земельні ресурси. Такі негативні зміни відбуваються на територіях великих аграрних виробництв також у випадку порушення сівозмін, перевищення технічними культурами польових сівозмін, в овочевих сівозмінах і приміських зонах великих міст, у випадку непрофесійного та нераціонального застосування мінеральних добрив.

Одним із ефективних методів зменшення негативного впливу від застосовуваних мінеральних добрив є використання нових форм – капсульованих добрив із пролонгованою дією. Такі добрива забезпечують вивільнення елементів живлення через оболонку капсули впродовж всього вегетаційного періоду рослин. Одночасно таким методом зменшуються частота та обсяг внесення добрив, запобігається міграція елементів живлення за границі малого біотичного циклу агроєкосистем, попереджується потрапляння незасвоєних елементів живлення у інші компоненти агроландшафтів. Масове застосування капсульованих мінеральних добрив гальмується значною вартістю матеріалів капсул та складністю технологій нанесення покриття. Перспективним за результатами досліджень ряду науковців є використання для створення біодеградабельної капсули композиції на основі полівінілового спирту, кукурудзяного крохмалю, гліцерину і бури. Цьому напрямку і будуть присвячені наступні дослідження.

БОЙКО Р.Я., КНИЩУК Н.І., МАЛЬОВАНІЙ М.С.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ПЕРСПЕКТИВНІ СТРАТЕГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; Boymir5@gmail.com*

**Abstract.** Possible scenarios for food waste utilization are considered. It is established that the most promising scenario for waste that has not lost its quality characteristics is its use for feeding farm animals. For waste unsuitable for these purposes, it is promising to use it in biogas production technology. In this case, we get an energy resource, and the digestate is advisable to use as a complex organic fertilizer.

Глобальні кількісні втрати харчових продуктів і відходів на рік становлять приблизно 30% для зернових культур, 40-50% для коренеплодів, фруктів і овочів, 20% для насіння олійних культур, м'яса і молочних продуктів і 35% для риби. Економне використання ресурсів і свідоме придбання протягом тривалого часу лише потрібних продуктів є проявом високого рівня культури споживання. Низька культура споживання не лише спричиняє надмірну кількість харчових відходів, але також має значний вплив на навколишнє середовище, фінансові показники держав та етичні стандарти.

Об'єктивно можна виділити 4 можливі сценарії життєвого циклу харчових відходів.

1. Використання харчових відходів у технологіях годівлі сільськогосподарських тварин. Ця стратегія поводження із харчовими відходами є найбільш перспективною, оскільки у цьому випадку в найбільш повній мірі використовується потенціал відходів саме як харчового продукту. Але не всі харчові відходи можуть бути використані за цією стратегією, оскільки досить часто їх якісні характеристики далеко не завжди відповідають необхідним критеріям.

2. Найбільш небажаним сценарієм є потрапляння харчових відходів на полігони твердих побутових відходів або (що ще гірше) на несанкціоновані сміттєзвалища. Неконтрольований біорозклад харчових відходів у аеробних (або аеробно-анаеробних) умовах сприяє розвитку популяцій гризунів та патогенних мікроорганізмів, продукти біорозкладу забруднюють довкілля у випадку локалізації харчових відходів на несанкціонованих сміттєзвалищах, у випадку захоронення на полігонах ТПВ також не всі газоподібні продукти розкладу (біогаз) чи рідкі (фільтрати) вловлюються існуючими системами збору біогазу та фільтрату. Частина їх потрапляє у довкілля, забруднюючи його.

3. Обмежено контрольований біорозклад в аеробних умовах компостування є більш привабливим сценарієм. В результаті реалізації цього сценарію отримуємо компост – цінний субстрат для внесення в ґрунт сільськогосподарських угідь, територій рекреації та рекультивації. У цьому випадку вуглець, що залишається в компості, разом із макро– та мікроелементами потрапляє в ґрунт, сприяючи покращенню його характеристик в ракурсі сільськогосподарського виробництва. Але одночасно в атмосферу виділяються гази (із вуглецевовмісних - в найбільшій мірі  $\text{CO}_2$  та  $\text{CH}_4$ ) які забруднюють довкілля.

4. На нашу думку найбільш раціональною стратегією, яка дозволяє в найбільш повній мірі використати ресурсний потенціал харчових відходів є анаеробний біорозклад відходів (найчастіше у суміші із іншими органічними відходами з ціллю балансування складу сировини). За цим сценарієм отримується енергетичний продукт (біогаз), який можна використати у різних енергетичних технологіях. Газ збирається у газгольдер. Залишок після відбору газу (дигестат) може бути використаним як органічне добриво або як компонент сировинної суміші для виробництва компосту. Більш продуктивним є використання дигестату як компонента сировини для компостування – у цьому випадку вдається досягти більшої повноти біорозкладу за рахунок участі в біорозкладі іншого ніж у анаеробному біорозкладі консорціуму мікроорганізмів. Але це складніше технологічно, оскільки дигестат має значну вологість, що вимагає певних підходів для внесення його в склад сировини для компостування.

Слід зауважити, що у різних стратегіях утилізації харчових відходів не враховують повноти біорозкладу, який практично ніколи не буває повним. Завдання підвищення повноти біорозкладу на практиці відбувається проведення попередньої обробки харчових відходів, для якої можуть використовуватись механічні, кавітаційні, термічні, хімічні та інші методи або їх комбінація.

АНТОНОВ М.Д., МАЛЬОВАНІЙ М.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## АКТУАЛЬНІСТЬ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В КОНТЕКСТІ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

*Інститут сталого розвитку імені В'ячеслава Чорновола Національного університету «Львівська Політехніка» 79013, пл.Св.Юра 3/4, 8-й навч. к.; ezp.dept@lpnu.ua*

**Abstract:** the work is dedicated to the current issue of forecasting climate parameters in the context of the regular trends of adaptation by all subjects to climate change. The aim of the research is to draw attention to the escalating problem of accelerated climate change due to harmful anthropogenic impacts by humanity. The analysis has shown that humanity's ever-increasing harm to the environment disproportionately exceeds efforts for adaptation to climate change, which directly affects economic (industry, energy, trade), social (public health, food security and demographic sectors), and other critical areas of human activity.

Прогнозування кліматичних параметрів в умовах людської діяльності набуває особливої актуальності, оскільки неправильне або недостатнє врахування цих факторів може призвести до серйозних наслідків для екології, економіки та людського здоров'я.

Дослідження Міжурядової панелі з питань зміни клімату (ІРСС) доводять, що глобальна зміна клімату - одна з найважливіших та найбільших екологічних проблем 21 століття. В серпні 2021 року в результаті підписання Шостого звіту про стан глобальної зміни клімату, визначено, що саме антропогенний вплив є найбільш визначальним фактором зміни клімату, починаючи з 1951 року, а загальний вплив людини збільшує температуру клімату на планеті з безпрецедентними за останні дві тисячі років темпами.

За даними ІРСС, концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері збільшилася з 280 ppm (частин на мільйон) до понад 400 ppm з початку індустріальної ери. Це сприяє підвищенню температури планети, що веде до зміщення кліматичних зон, підвищення рівня моря та частішання екстремальних погодних явищ, таких як посухи, урагани та повені. За даними окремих досліджень, сучасний рівень CO<sub>2</sub> є рекордним за останній 1 млн. років, лідерами вироблення CO<sub>2</sub> є:

**Світові лідери 21 ст. з викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу**

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| Китай                    | 10.540.000 тисяч тон на рік |
| США                      | 5.334.000 тисяч тон на рік  |
| Суб'єкти ЄС у сукупності | 3.415.000 тисяч тон на рік  |

Наслідками цього є те, що за даними Організації Об'єднаних Націй, замість обмеження глобального потепління на рівні до 1,5°C в рамках Паризької угоди 2015 року, нині світ перебуває на шляху до потепління на рівні 3,2°C до 2100 року

Зміни погодних умов (підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів, які мають зливовий характер у теплий період, неефективне накопичення вологи в ґрунтах) зумовлюють збільшення кількості та інтенсивності посушливих явищ. Разом з іншими негативними чинниками антропогенного впливу це може призводити до розширення зони ризикового землеробства та до опустелювання.

Серед пропозицій для вирішення проблеми прогнозування кліматичних параметрів виділяємо: 1) **впровадження стратегії скорочення викидів;** б) **збереження і відновлення лісів** (поглинання вуглецю, зниження парникового ефекту, підтримка біорізноманіття та водного балансу); в) **розвиток технологій для прогнозування кліматичних змін** (підвищення точності прогнозів, покращення моделювання кліматичних процесів, моніторинг антропогенних); г) **міжнародне співробітництво та розвиток нормативних ініціативи на міжнародному рівні та встановлення відповідальності за їх порушення;** д) **впровадження «зеленої політики».**

Таким чином, прогнозування кліматичних параметрів в умовах антропогенного впливу є важливим кроком до розуміння і мінімізації наслідків людської діяльності для планети. Вжиття своєчасних заходів, спрямованих на скорочення викидів парникових газів та збереження екосистем, допоможе зменшити негативний вплив на клімат і забезпечити стійкий розвиток у майбутньому.

НАГУРСЬКИЙ О.А., ВИХІВСЬКА К.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРВИННОГО СКЛАДУ ПРОДУЦЕНТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМИ ХВОСТОСХОВИЩА ЯВОРІВСЬКОГО ДГХП «СІРКА»

*Національний університет «Львівська політехніка»  
790132, вул.С.Бандери, 12, Львів, Україна, coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** The paper substantiates the composition of pioneer plant species that are the first to inhabit degraded areas, consolidate the soil and create conditions for further stages of succession. The dynamics of plant communities formation and their role in the gradual transition to stable forest ecosystems are investigated. An integrated approach to reclamation is proposed, including the use of herbaceous, shrub and tree species to improve soil composition, preserve water regime and restore ecosystem services.

Хвостосховище Яворівського державного гірничо-хімічного підприємства (ДГХП) «Сірка» є техногенно порушеною територією, що виникла внаслідок видобутку та переробки сірки. Ця територія характеризується низькою біологічною активністю, високою кислотністю ґрунтів, токсичними речовинами (включаючи важкі метали) і дефіцитом органічної речовини. З огляду на ці екологічні проблеми, важливим завданням є відновлення функціональної екосистеми хвостосховища за допомогою підбору відповідних первинних продуцентів – рослин, здатних успішно адаптуватися до екстремальних умов та сприяти стабілізації екосистеми.

Первинний склад продуцентів у відновлюваній екосистемі формується з піонерних рослин, які першими заселяють порушені екотопи. Вони стають першими вищими рослинами, які ефективно закріплюють ґрунт і створюють умови для подальших стадій сукцесії.

Згодом формується суцільний покрив злаковників, який поступово витісняє менш конкурентоспроможні види. У процесі сукцесії злакові фітоценози змінюються на дворічні трав'янисті рослини, які мають довший вегетаційний цикл і кращі можливості для генерації насіння. Це призводить до поступового формування перехідного високотрав'я, яке, своєю чергою, змінюється чагарниковими угрупованнями. Якщо в ґрунті наявний банк насіння деревних порід, екосистема швидко переходить до стадії молодих лісових угруповань.

Таким чином, первинний склад продуцентів у відновлюваній екосистемі визначає подальший розвиток рослинного покриву. Початкове заселення екстремофільними видами створює умови для наступних стадій сукцесії, що веде до формування стабільних лісових екосистем. Водночас ці процеси залишаються динамічними і залежать як від природних, так і від антропогенних факторів. Зазвичай до них належать рослини, які здатні перетворювати сонячне світло на органічні речовини через фотосинтез.

Важливо, що ці продуценти утримують і перетворюють енергію, що відкриває шлях для інших організмів у системі. Вони також забезпечують живлення для консументів у вигляді трав'янистих тварин або навіть безпосередньо для трав'янистих людей.

Для ефективного відновлення екосистеми хвостосховища Яворівського ДГХП «Сірка» визначили склад первинних продуцентів як комбінацію трав'янистих, чагарникових та деревних видів. До них увійшли трав'янисті рослини (піонерні види): Щучник дернистий (*Deschampsia caespitosa*), Костриця червона (*Festuca rubra*), Мітлиця тонка (*Agrostis tenuis*), Лядвенець рогатий (*Lotus corniculatus*), Конюшина біла (*Trifolium repens*). А також чагарникові та деревні види - Вербка біла (*Salix alba*), Береза повисла (*Betula pendula*), Сосна звичайна (*Pinus sylvestris*).

Відновлення екосистеми хвостосховища Яворівського ДГХП «Сірка» є складним процесом, що вимагає ретельно підібраних підходів. Використання трав'янистих піонерних видів, азотфіксаторів та швидкорослих дерев і чагарників дозволяє ефективно стабілізувати ґрунти, поліпшити їх хімічний склад та зберегти водний режим території. Окрім того, ці види сприятимуть поступовому відновленню функціональних екосистемних послуг, таких як збереження біорізноманіття, стабільність ґрунтів і очищення водних ресурсів.

НАГУРСЬКИЙ О.А., ЧОРНЕНЬКИЙ В.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВА ВИРОБНИЦТВА КАВОВИХ НАПОЇВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
790132, вул.С.Бандери, 12, Львів, Україна, coffice@lpnu.ua*

**Abstract.** In modern conditions, a significant amount of organic waste, in particular coffee beverage waste, can be used as a secondary resource to improve the properties of degraded soils. The use of coffee waste in reclamation processes helps to increase the content of organic matter, improve soil structure and its water-holding capacity. In addition, such waste can play an important role in the formation of a healthy soil microbiome, which contributes to its biological activity. The article discusses the physical and chemical characteristics of coffee production waste, its impact on soil processes, and the possibility of using it as an environmentally friendly fertilizer for the reclamation of disturbed areas.

Відходи кавового виробництва містять значну кількість органічних речовин, макро- та мікроелементів, таких як азот, фосфор, калій, що є важливими для живлення рослин. Вони також містять лінолеву кислоту, антиоксиданти та поліфеноли, які можуть впливати на мікробіологічну активність ґрунту. Використання цих відходів у рекультиваційних процесах може сприяти відновленню родючості виснажених та забруднених земель, зменшенню ерозійних процесів, покращенню загальної екосистемної стійкості та підвищенню стійкості рослин до стресових умов. Дослідження впливу кавових відходів на фізико-хімічні властивості ґрунтів свідчать про їхню здатність покращувати аерацію, утримувати вологу та підвищувати біологічну активність. Додавання кавових залишків до ґрунту сприяє розвитку корисної мікрофлори, що забезпечує розкладання органічної речовини та перетворення її на доступні для рослин поживні елементи. Особливе значення має активізація ґрунтових мікроорганізмів, які сприяють процесам гуміфікації та відновленню природного балансу ґрунту.

Одним із ключових аспектів застосування кавових відходів у рекультивації є їхнє співвідношення вуглецю до азоту (C:N). Оптимальне співвідношення забезпечує ефективне розкладання органічної маси та запобігає надмірному накопиченню токсичних продуктів розкладу. Крім того, відходи можуть містити залишкові концентрації кофеїну та інших алкалоїдів, що вимагає попередньої обробки перед внесенням у ґрунт. Дослідження свідчать, що поступова мінералізація органічних сполук знижує ризик їхнього негативного впливу на ріст рослин.

Результати експериментальних досліджень підтверджують позитивний вплив кавових відходів на відновлення структури та родючості ґрунтів. Додавання кавового субстрату у поєднанні з мінеральними добривами або іншими органічними компонентами сприяє більш ефективному накопиченню гумусу та покращенню фізичних властивостей ґрунту. Впровадження кавових відходів у сільськогосподарську практику дозволяє зменшити залежність від синтетичних добрив, що, своєю чергою, сприяє зниженню екологічного навантаження на навколишнє середовище. Використання відходів кавового виробництва як добрива може мати значний економічний ефект. Зменшення обсягів захоронення відходів, переробка їх у корисні добавки для ґрунту та покращення врожайності можуть сприяти розвитку сталих агроекологічних систем. Окрім того, рекультивація порушених земель із застосуванням кавових залишків може бути ефективним засобом для боротьби з опустелюванням та зниженням деградації ґрунтів у регіонах із несприятливими кліматичними умовами.

Таким чином, використання відходів підприємств виробництва кавових напоїв у рекультиваційних заходах є перспективним напрямом, що дозволяє поєднати екологічні та економічні аспекти утилізації органічних відходів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку оптимальних технологій обробки та внесення кавових залишків у різні типи деградованих ґрунтів, оцінку їхньої довгострокової ефективності та можливого впливу на стан екосистем.

ОЛІФІР Ю.М., ПАРТИКА Т.В., ГАВРИШКО О.С., КОЗАК Н.І., РОМАНЮК Б.Р.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ВПЛИВ ТРИВАЛИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ДЕГРАДАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ЯСНО-СІРИХ ЛІСОВИХ ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕЄНИХ ҐРУНТАХ

*Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН*  
81115, вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., Україна;  
[olifir.yura@gmail.com](mailto:olifir.yura@gmail.com)

**Abstract.** Based on the research obtained in a long-term stationary experiment, it was found that the inclusion of light grey forest surface-ash soils in agricultural production both without fertilisation and under conditions of long-term intensive chemical load leads to an increase in acidity, an increase in mobile aluminium compounds, and the manifestation of degradation changes, and does not ensure the preservation and increase of fertility.

На сьогодні внаслідок інтенсивного незбалансованого застосування мінеральних добрив, особливо азотних, порушення структури сівозміни та через відчутні зміни клімату проблема ефективного та екологічно безпечного використання кислих ґрунтів значно загострюється. Підвищена кислотність, зумовлена наявністю високих концентрацій іонів водню, які провокують виділення токсичних для рослин сполук рухомого алюмінію – які є основною причиною низької родючості кислих ґрунтів. Саме тому кислотність, зумовлена рухомим алюмінієм, що є токсичним для більшості культур, є особливо шкідливою для сільськогосподарських культур.

Негативна дія алюмінію проявляється пригніченням розвитку кореневої системи культурних рослин, що негативно впливає на поглинання води, поживних речовин, що зрештою, призводить до поганого росту рослин і зниження врожайності та якості. У ґрунтовому розчині концентрація алюмінію залежить головним чином від рН ґрунту, при підкисленні рухомий алюміній з'являється нижче ізоелектричної точки, яка у більшості ґрунтів знаходиться за значення рН нижче 4,5.

Проведені дослідження в умовах тривалого стаціонарного досліду закладеного у 1965 р. з різними дозами і співвідношеннями мінеральних добрив, гною і вапна, на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті показали, що вміст сполук рухомого алюмінію тісно пов'язаний в першу чергу із величиною кислотності (як рН<sub>KCl</sub> так і гідролітичною), системами удобрення, їх післядією та сівозмінним фактором. За одностороннього тривалого внесення у сівозміні високих доз мінеральних добрив та інтенсивного використання ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту взагалі без добрив протягом більше 50 років сприяло зниженню показника рН<sub>KCl</sub> до дуже сильнокислої реакції ґрунтового розчину відповідно 3,8-4,1 одиниць, підвищенням гідролітичної кислотності до 5,69 мг-екв/100 г ґрунту та зростанням вмісту рухомого алюмінію відповідно до 92-132,0 мг/кг ґрунту, що сприяло подальшій фульватизації гумусу з утворенням рухомих фульватів алюмінію.

Одержані нами дані свідчать про те, що мінеральна система удобрення на кислому ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті ефективна лише на фоні вапнування. При цьому органо-мінеральна система удобрення в сівозміні, яка передбачала внесення 10 т/га гною, повної норми NPK на фоні періодичного вапнування як за Нг (1,0 н CaCO<sub>3</sub>) так і за кислотно-основною буферністю, сприяла зниженню всіх видів кислотності, а також умісту сполук рухомого алюмінію та підвищенню суми увібраних основ за рахунок збільшення кількості кальцію і магнію, створюючи при цьому сприятливі умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Таким чином, включення ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів у сільськогосподарське виробництво як без добрив, так і за умов інтенсивного хімічного навантаження призводить в першу чергу до підвищення кислотності, зростання сполук рухомого алюмінію та прояву деградаційних змін не забезпечує збереження і підвищення родючості.

ПЕРЕБИНОС А.Р. (УКРАЇНА, КИЇВ)

## РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

Київський національний університет будівництва та архітектури  
03037, просп. Повітряних сил, 31, Київ, Україна; [perebynos.ar@knuba.edu.ua](mailto:perebynos.ar@knuba.edu.ua)

**Abstract.** Municipal waste management remains an important unresolved issue for Ukrainian cities, which directly affects the quality of life of residents and the environment. Statistical data on municipal waste generation over the past 13 years were analyzed and hypotheses were proposed about the reasons that influence trend changes. The importance of relying on quantitative and qualitative data when planning waste management to consider cause-and-effect relationships was emphasized.

Питання налагодження ефективної системи управління побутовими відходами (ПВ) в Україні залишається актуальним та активно обговорюється як представниками виконавчої влади, так і органами місцевого самоврядування та громадянськостю. Після прийняття рамкового Закону України «Про управління відходами» від 20.06.2022 очікується прийняття низки важливих законодавчих актів, що сприятимуть впровадженню кращих практик запобігання та зменшення утворення відходів, а також роздільного збору ПВ на місцях. Національний план управління відходами до 2033 року від 27.12.2024 визначає загальну стратегію ефективного управління відходами та зобов'язує обласні ради протягом року розробити та прийняти регіональні плани управління відходами, за якими будуть розроблені місцеві плани.

Забезпечення ефективного планування та управління системою ПВ досягається за наявності достовірних та актуальних даних. Державна служба статистика України збирає та репрезентує кількісні дані стосовно утворення та оброблення відходів I-IV класів небезпеки за категоріями матеріалів, серед яких представлена категорія «побутові та подібні відходи». Дані доступні за 2011-2023 роки (рис. 1).

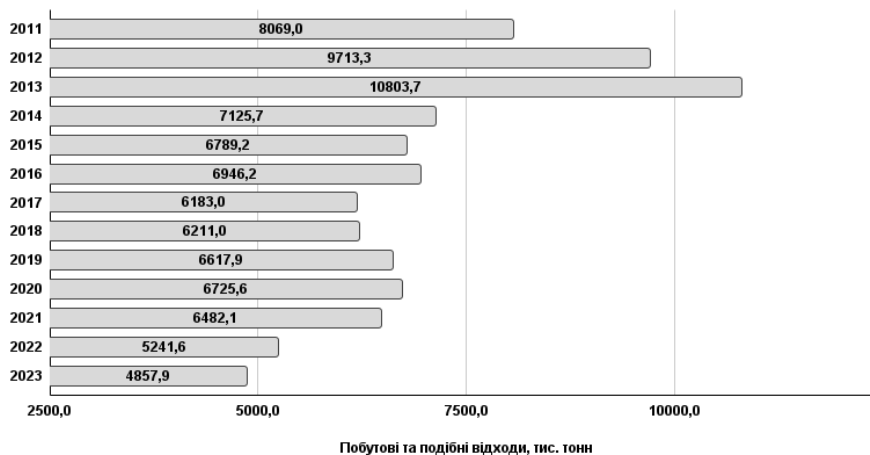


Рис. 1. Тенденція утворення побутових відходів в Україні за 2011-2023 роки

Первинний аналіз утворення побутових та подібних відходів показав тенденцію до збільшення протягом 2011-2013 років, тоді як 2014 рік характеризується різким зменшенням генерації ПВ до 7125,7 тис. тонн, причиною якого можливо припустити є початок російсько-української війни. Воєнні дії на території держави призводять до економічної нестабільності та змін у кількості населення та його місцях проживання, що прямо впливає на утворення ПВ. Підтвердженням цієї гіпотези є також зниження утворення відходів до 5241,6 тис. тонн у 2022 році, коли відбулося повномасштабне вторгнення на територію України, в порівнянні з середнім показником у 6565 тис. тонн протягом 2015-2021 років. За даними МЗС України за кордоном на початок 2023 року перебувало приблизно 20% наявного населення, що закономірно повпливало на зменшення кількості ПВ у 2022 році на 19%.

Підсумовуючи, збір даних, формування кількісних індикаторів та дослідження причинно-наслідкових зв'язків є важливими елементами при плануванні та формуванні ефективної системи управління відходами як на національному, так і на місцевому рівнях.

ТУПІСЬ Р.В., ІВАНКІВ М.Я. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ-ДУБЛЯНИ)

## **ВПЛИВ КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З.*

*Гжицького*

*80381, вул. В. Великого, 1, Дубляни, Львівський район, Україна; imaryana0509@gmail.com*

**Abstract:** The article analyzes the advantages and challenges of convergent technologies in the context of environmental sustainability. The convergence of technologies, which involves the integration of various scientific fields, offers innovative solutions to environmental challenges with the aim of achieving a common goal – sustainable development. Special attention is paid to the role of artificial intelligence, the Internet of Things, and blockchain in implementing sustainable solutions and reducing environmental risks.

Сучасний світ стикається з безпрецедентними екологічними викликами: зміна клімату, забруднення океанів пластиком, виснаження природних ресурсів та втрата біорізноманіття. Вирішення цих проблем вимагає інноваційних технологічних рішень, які можуть забезпечити ефективний моніторинг, прогнозування та управління екологічними процесами. Конвергентні технології, що поєднують IT, біотехнології, нанотехнології та когнітивні науки (NBIC-конвергенція), відкривають нові можливості для створення екологічно орієнтованих систем. Їхня сутність полягає у синергії, коли інтеграція різних галузей знань створює ефект, значно потужніший за суму окремих компонентів. Для IT-фахівців це означає можливість зробити значний внесок у збереження довкілля завдяки аналізу великих даних, штучному інтелекту (AI), Інтернету речей (IoT) та блокчейну.

Штучний інтелект відіграє важливу роль у прогнозуванні кліматичних змін та моніторингу екологічних показників. Наприклад, DeepMind розробила AI-алгоритм для оптимізації використання відновлюваної енергії. Проект Global Forest Watch застосовує нейромережі для виявлення незаконної вирубки лісів у реальному часі.

Інтернет речей допомагає ефективно керувати природними ресурсами. IoT-сенсори контролюють вологість ґрунту, скорочуючи споживання води на 30–50%. У містах розумні системи, як-от IBM Green Horizon, прогнозують забруднення повітря та допомагають мінімізувати викиди, що сприяє зменшенню негативного впливу на екосистеми.

Блокчейн-технології забезпечують контроль за ланцюгами постачання ресурсів. Наприклад, платформа Provenance використовує смарт-контракти Ethereum для відстеження походження продуктів – від сировини до полиці магазину. Крім того, блокчейн дозволяє створювати децентралізовані енергетичні системи. Наприклад, австралійський стартап Power Ledger надає можливість приватним домогосподарствам торгувати надлишками сонячної енергії через P2P-мережі, що сприяє демократизації енергетики.

Попри переваги, значні енергетичні витрати AI та блокчейну є викликом. Наприклад, навчання однієї нейромережі може спричинити викид до 284 тонн CO<sub>2</sub>. Саме тому, IT-фахівці активно працюють над «зеленими» алгоритмами та енергоефективними технологіями, зокрема використання квантових обчислень та енергоефективних процесорів, може суттєво зменшити негативний вплив цифрових технологій на довкілля.

Конвергентні технології відкривають нові можливості для екології, проте їхній успіх залежить від балансу між інноваціями та етикою. Необхідні інвестиції в освіту, розробку міжнародних стандартів та врахування соціальних аспектів. Як зазначає ООН, «сталій розвиток неможливий без технологічної синергії». Важливо враховувати не лише технологічні, але й соціальні та економічні аспекти, а також залучати до цього процесу широке коло зацікавлених сторін. Лише таким чином ми зможемо використати потенціал конвергенції технологій для створення сталого та екологічно безпечного майбутнього. Конвергентні технології – це не просто інструменти, а нова парадигма мислення, що об'єднує науку, техніку та етику. Вони не лише пропонують зменшити екологічний слід людства, а й відновити те, що вже зруйновано.

ДАНИЛЮК М.Я., МАЛЬОВАНІЙ М.С.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ТА МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ У  
ЛЬВІВСЬКОМУ КОМУНАЛЬНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ "ЗЕЛЕНЕ МІСТО"**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; [maksym.danyliuk.eo.2021@lpnu.ua](mailto:maksym.danyliuk.eo.2021@lpnu.ua)

**Abstract.** This paper examines the prospects of composting organic residues in Lviv, particularly at the municipal enterprise "Zelene Misto." The ecological and economic aspects of the process are analyzed, highlighting its significance in reducing landfill load and improving the efficiency of solid organic waste recycling. The key technological aspects of composting are described, along with the potential applications of the resulting compost for agricultural and urban needs.

Збільшення обсягу твердих побутових відходів у містах України вимагає впровадження дієвих методів їхньої утилізації. Державна служба статистики України повідомляє, що кожного року утворюється близько 10 млн тон твердих побутових відходів, з яких органічні складають приблизно 40 %. Одним із найперспективніших методів є компостування органічної частки відходів, що дозволяє отримувати високоякісне добриво для потреб сільського господарства та озеленення міських територій. Львівське комунальне підприємство «Зелене місто» є одним із лідерів в Україні у сфері компостування, що забезпечує ефективну утилізацію та переробку органічних відходів. Використовуючи сучасні технології, спеціалісти підприємства здійснюють компостування, що дозволяє значно скоротити кількість відходів, які спрямовуються на захоронення. Компостування включає біологічне розкладання органічних речовин під дією мікроорганізмів у контрольованих умовах, що сприяє отриманню стабільного продукту із високими агрономічними властивостями.

Важливою сферою діяльності комунального підприємства «Зелене місто» є рекультивація Грибовицького сміттєзвалища, одного із найбільших полігонів твердих побутових відходів в Україні, який експлуатувався понад 60 років. Після екологічної катастрофи у 2016 році, коли стався масштабний зсув відходів, було ухвалено рішення щодо закриття полігону та розробки плану його екологічного відновлення. У межах цього проекту проводяться роботи із дегазації звалища, зміцнення схилів, встановлення системи збору та очищення фільтрату, а також поступового відновлення ландшафту. Компостування органічних відходів є частиною комплексної стратегії рекультивації, оскільки використання отриманого компосту сприяє відновленню родючого шару ґрунту та підвищенню екологічної безпеки території.

Компостування має важливе значення як для збереження довкілля так і для вирішення логістичних проблем розміщення сміття, утворення органічних добрив. Скорочення кількості відходів, що потрапляють на полігони, зменшує утворення парникових газів, зокрема метану, який є у 25 разів більш потужним за CO<sub>2</sub> у контексті глобального потепління. Отриманий компост використовується як добриво, яке збагачує ґрунт органічними речовинами, покращує його структуру та сприяє утриманню вологи. Це особливо важливо в умовах сучасного землеробства, де деградація ґрунтів є однією з основних проблем. Згідно з даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), понад 30 % орних земель у світі зазнають деградації через втрату органічних речовин, що робить застосування компосту стратегічно важливим.

Львівське підприємство «Зелене місто» використовує високотехнологічні методи компостування, що включають аеробне розкладання органічних відходів, яке забезпечує рівномірне розкладання біомаси та зменшує ризики утворення неприємних запахів. Крім того, застосування спеціальних мікроорганізмів дозволяє скоротити час переробки відходів та отримати компост високої якості. Підприємство працює за європейськими стандартами, впроваджуючи механізми попереднього сортування органічних відходів, що значно покращує якість кінцевого продукту. Наприклад, у країнах ЄС середній рівень повторного використання органічних відходів сягає 48 %, що свідчить про ефективність подібних програм.

ДОБРЯНСЬКА М.М., ПОПОВИЧ О.Р.  
(УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## ІНТЕГРАЦІЯ ПРИНЦИПІВ «ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА» У РЕКОНСТРУКЦІЮ ЖИТЛА ТА ІНФРАСТРУКТУРИ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; mariana.dobrianska.meoes.2024@lpnu.ua*

**Abstract.** The article highlights key aspects of integrating green building principles into the reconstruction of housing and infrastructure after war-related destruction. It analyzes modern green technologies, materials, and approaches to restoration with minimal environmental impact.

Військові дії завдають значної шкоди житловому фонду та інфраструктурі, що потребує комплексного підходу до відновлення. Зелене будівництво передбачає застосування енергоефективних технологій, екологічно чистих матеріалів та принципів циркулярної економіки, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

### Основні екологічні аспекти реконструкції:

1. **Екологічно чисті та відновлювані матеріали:** Враховуючи величезну кількість будівельних відходів після руйнувань, застосування технологій повторного використання матеріалів стає надзвичайно важливим. Замість того, щоб вивозити уламки будівель на звалища, можна застосовувати перероблені матеріали, такі як бетон і сталь, що дозволяє зменшити споживання природних ресурсів і зменшити негативний вплив на довкілля. Окрім цього, природні утеплювачі, такі як целюлоза або конопля, мають значно менший вплив на екологію в порівнянні з традиційними синтетичними матеріалами.

Наприклад, перероблений бетон має менше викидів CO<sub>2</sub> в процесі виробництва порівняно з новим, а використання натуральних утеплювачів, таких як конопляні плити, допомагає не тільки зменшити енергоспоживання, але й покращити якість внутрішнього клімату у будівлі завдяки природним властивостям вологостійкості та терморегуляції.

2. **Енергоефективність та автономність будівель:** Важливим аспектом реконструкції є забезпечення енергоефективності будівель. Відновлення житлових об'єктів з урахуванням найкращих практик пасивного будівництва дозволяє зменшити споживання енергії та, відповідно, витрати на опалення і кондиціювання. Встановлення сонячних батарей, теплових насосів, систем рекуперації повітря — це технології, які забезпечують автономність будівель та дозволяють зменшити навантаження на місцеві енергетичні мережі, що можуть бути пошкоджені під час бойових дій.

Застосування пасивного будівництва з мінімальними тепловтратами включає утеплення будівель за допомогою натуральних матеріалів, встановлення енергоефективних вікон, а також застосування спеціальних вентиляційних систем з рекуперацією тепла. Системи сонячних панелей можуть забезпечити відновлені будівлі електроенергією, що особливо важливо в умовах обмеженого постачання енергії через пошкоджені мережі.

3. **Оптимізація водних ресурсів:** Використання водозберігаючих технологій в умовах післявоєнної реконструкції може мати критичне значення, особливо в районах, де є проблеми з доступом до питної води. Системи збору дощової води, біофільтрація стічних вод та застосування сантехніки з низькими витратами води дозволяють значно зменшити споживання води.

Збір дощової води та її подальше очищення за допомогою біофільтраційних систем дозволяє знизити навантаження на централізовані водопостачальні мережі та допомагає підтримати належний рівень водних ресурсів у постраждалих регіонах. Такі системи можуть бути використані не лише для побутових потреб, але й для зрошення зелених територій та ландшафтного дизайну."

4. **Переробка будівельних відходів та зменшення екологічного навантаження:** Після війни велика частина будівельних матеріалів стає відходами, які часто не переробляються належним чином. Переробка уламків цегли, бетону та деревини для повторного використання в будівництві зменшує потребу в нових матеріалах і дозволяє зберегти природні ресурси. Також важливим є зменшення використання токсичних матеріалів і клеїв, що негативно впливають на довкілля.

Використання уламків бетону для виготовлення нових будівельних блоків або їх переробка в асфальт дозволяє знизити кількість відходів, що потрапляють на звалища, і одночасно зменшити потребу в природних ресурсах для виготовлення нових будівельних матеріалів. Також важливим є застосування матеріалів без шкідливих хімічних добавок, що можуть бути токсичними для навколишнього середовища.

ВАСИЛІВ Б.О. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

**ПРО ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗДІЛЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОБРОБЛЕННЯ СУПУТНИХ ПЛАСТОВИХ ВОД, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ ВИДОБУВАННІ ВУГЛЕВОДНІВ**

*Одеський національний технологічний університет, 65039, вул. Канатна, 112,  
Одеса, Україна; bvasyliv41@gmail.com*

**Abstract.** Industrial brines, a byproduct of oil and gas extraction, are highly mineralized and contain various organic and inorganic impurities. Their disposal poses environmental risks, making their reuse a relevant issue. Traditional desalination methods, such as reverse osmosis and evaporation, are energy-intensive and require extensive pretreatment. Freeze desalination offers a promising alternative due to lower energy consumption and natural separation of contaminants. This approach enhances water purification while enabling resource recovery from concentrated brines.

Супутні пластові води (СПВ), що утворюються в процесі видобутку нафти та природного газу, є складними багатокомпонентними системами. Хімічний склад таких розсолів зумовлений геологічними, структурними та іншими особливостями нафтових і газових родовищ, способом і стадією їх видобутку. Характерними ознаками зазначених розсолів є висока мінералізація (може сягати 250 г/дм<sup>3</sup> і більше), а також високі концентрації завислих речовин, органічних речовин, зокрема бензолу, толуолу, етилбензолу, фенолів та поліциклічних ароматичних вуглеводнів, важких металів, зокрема літію, а також бром, йод, бор тощо. Кислотність середовища розсолів змінюється в широких межах.

З огляду на значні обсяги промислових розсолів, що утворюються в Україні і в світі при видобутку нафти й газу, актуальним є завдання їх раціонального використання після видобутку корисних копалин. В основному СПВ повертаються в підземні горизонти. Такий спосіб дає змогу підвищувати ступінь вилучення нафти під час видобутку, хоча за таких умов виникають ризики забруднення ґрунтів та посилення сейсмічної активності. Також розсоли очищують та використовують для приготування бурових розчинів і розчинів для гідроудару, для господарських потреб на підприємствах, що переробляють і транспортують нафту та газ. Очищені розсоли скидають у поверхневі водойми і спрямовують на зрошення, якщо їхня якість відповідає вимогам нормативних документів. Проте частка таких розсолів не перевищує 5%, а відсутність можливості їх закачування у свердловини може призвести до значного негативного впливу на довкілля. Тому сьогодні поширення набуває ідея про більш широке використання розсолів, як ресурсу, для отримання технічної чи питної води, а також низки корисних хімічних речовин.

Важливим етапом у технології оброблення розсолів від видобутку вуглеводнів є опріснення води. Оскільки розсоли є високомінералізованими, то застосування зворотного осмосу для їхнього опріснення є мало прийнятним. Необхідно застосовувати складну попередню обробку розсолу для вилучення нерозчинних і розчинних органічних та неорганічних речовин. Опріснення випаровуванням є високоенергоємним процесом і також потребує ретельного очищення розсолу. А ось опріснення розсолів від видобування вуглеводнів за допомогою низькотемпературного розділення (виморожування) має більше шансів для практичного використання. По-перше, цей спосіб потребує низьких витрат енергії на отримання опрісненої води. По-друге, можна суттєво спростити технологію попереднього оброблення розсолу перед виморожуванням. При зниженні температури розсолу змінюється розчинність речовин, деякі з них переходять у нерозчинні сполуки й самовільно осаджуються. Парафіни твердіють, підіймаються на поверхню розсолу і їх легко відділити. Завдяки різним властивостям домішок розсолу при виморожуванні відбувається їх перерозподіл між фазами «лід-концентрований розсіл», що також створює додаткові можливості для отримання низки затребуваних для інших галузей хімічних речовин. Зміна іонного складу рідкої фази та збільшення в ній концентрації електролітів призводить до коагуляції колоїдних речовин, зменшення вмісту органічних речовин та мікроорганізмів. Крім того, проведення процесу за низьких температур зменшує інтенсивність корозійних процесів, що важливо для збільшення ресурсу роботи обладнання. А більш високий ступінь опріснення води після виморожування може бути досягнутий застосуванням після кристалізатора зворотньоосмотичної установки.

**ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗМІН КЛІМАТУ***Національний університет „Львівська політехніка”**вул. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна**e-mail: myroslav.s.malovanyy@lpnu.ua*

**Abstract** In the modern world, climate change is becoming one of the greatest threats to humanity, requiring continuous monitoring and analysis. Information technologies (IT) play a crucial role in studying climate processes, as well as in forecasting and adapting to their impacts. From satellite systems to big data and artificial intelligence, IT helps obtain accurate data that enables a better understanding of how our planet is changing.

У сучасному світі зміни клімату стають однією з найбільших загроз для людства, що вимагає постійного моніторингу і аналізу. Інформаційні технології (ІТ) відіграють ключову роль у вивченні кліматичних процесів, а також у прогнозуванні та адаптації до їх наслідків. Від супутникових систем до великих даних і штучного інтелекту, ІТ допомагають отримувати точні дані, що дозволяють краще розуміти, як змінюється наша планета. Супутникові системи є одним з основних інструментів для моніторингу змін клімату. За допомогою супутників можна відстежувати різноманітні показники, такі як температури поверхні океанів і суші, рівень льодовиків, зміни в рослинному покриві та забруднення атмосфери.

Завдяки великій кількості доступних даних, які збираються з різних джерел, від супутників до сенсорів на місцях, вчені використовують методи аналізу великих даних для моделювання кліматичних змін. Інформаційні технології дозволяють обробляти величезні об'єми даних в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на зміни клімату та прогнозувати майбутні тенденції. Це допомагає в управлінні природними ресурсами, плануванні екологічної політики і адаптації до нових умов. Моделювання кліматичних змін на основі різних сценаріїв є важливою складовою вивчення клімату. Ці моделі допомагають створювати стратегії для адаптації до змін та розробляти політики щодо зменшення викидів парникових газів. ІТ також дозволяють створювати інтерфейси для візуалізації кліматичних даних, що робить їх зрозумілими і доступними для широкого кола користувачів. Ці технології дають змогу створювати інтерактивні карти, графіки та інші візуалізації, які допомагають краще зрозуміти масштаби змін клімату та їх наслідки.

Візуалізація даних є важливим інструментом для розуміння складних кліматичних процесів. Сучасні технології дозволяють перетворювати величезні об'єми кліматичних даних у зрозумілі графіки, карти та інтерфейси, що полегшують сприйняття та аналіз. Створення кліматичних баз даних з використанням візуалізації дозволяє не тільки науковцям, а й політикам, громадськості та бізнесу приймати обґрунтовані рішення для боротьби зі змінами клімату. Візуалізація таких баз дозволяє не лише інтегрувати дані з різних джерел, але й наочно показати тренди та аномалії, що допомагає приймати більш ефективні рішення щодо адаптації до змін клімату. Для створення та аналізу кліматичних баз даних використовуються різні інструменти та програмне забезпечення.

- **Інтерактивні карти.** Інтерактивні карти кліматичних змін дозволяють візуалізувати дані, що отримуються з супутників і метеорологічних станцій, на глобальному чи локальному рівнях. Вони дають змогу бачити зміни температури, рівня опадів, зміни в рослинному покриві або викидів парникових газів за певний період часу.
- **Графіки та діаграми.** Візуалізація даних у вигляді графіків та діаграм дозволяє зрозуміти статистичні тренди змін клімату.
- **Теплові карти.** Вони дозволяють чітко візуалізувати, де відбуваються найбільші зміни клімату, допомагаючи виявляти «гарячі» точки.
- **3D-моделі.** Сучасні візуалізаційні технології дозволяють створювати 3D-моделі, які показують, як змінюються ландшафти, екосистеми чи навіть міста в результаті кліматичних змін. Це корисно для планування міського розвитку, збереження біорізноманіття та моніторингу змін на узбережжях або в сільському господарстві.
- **Дашборди.** Спеціалізовані дашборди (панелі управління) дозволяють інтегрувати великі обсяги кліматичних даних і наочно показувати ключові індикатори в реальному часі. Такі платформи можуть використовуватися для моніторингу кліматичних умов у певному регіоні та для своєчасного реагування на екстремальні погодні умови.

З розвитком технологій, таких як штучний інтелект, візуалізація кліматичних даних стане ще більш інтерактивною та динамічною. Це дозволить створювати адаптивні моделі кліматичних змін, що змінюються в реальному часі, і допоможе ще ефективніше реагувати на екологічні загрози.

АНДРУХІН С.І, ВЕНГЕР Л.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)  
**ПОТЕНЦІАЛ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ ЯК ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ**  
*Національний університет „Львівська політехніка”*  
*вул. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна*  
*e-mail: [svitlana.andrukhnin.eo.2021@lpnu.ua](mailto:svitlana.andrukhnin.eo.2021@lpnu.ua)*

**Abstract** In the context of the global digitalization of the economy, processes and services, the number of electrical and electronic equipment in use is sharply increasing, which directly leads to an increase in the volume of electronic waste and the emergence of problems of its recycling.

In the developed world, the problem of recycling e-waste containing rare, precious and non-ferrous metals is of particular importance. Recovering precious metals from secondary raw materials is the best way to solve a number of economic, technological and environmental problems:

- involvement of precious and rare metals in production
- reducing energy consumption for the production of valuable and scarce metals;
- reducing the negative impact of waste on the environment.

Електронні відходи – це викинуте електричне та електронне обладнання, термін служби якого закінчився та споживачі більше не використовують. Його зазвичай називають відпрацьованим електричним та електронним обладнанням WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) .

Утворення WEEE пов'язане зі швидкими технологічними інноваціями та зростанням попиту в секторі електроніки. Крім того, скорочення економічного терміну служби електронних пристроїв, відсутність міжнародного консенсусу щодо управління WEEE і недостатня обізнаність користувачів відіграють роль у безпрецедентному збільшенні утворення WEEE.

За останнє десятиліття перспективи поводження з твердими відходами змістилися від напівтехнічного захоронення на звалищах до відновлення матеріалів та енергії з вторинних ресурсів. У циркулярній безвідходній економіці матеріальні потоки закриваються шляхом переробки викинутих продуктів і міського видобутку поточних і майбутніх потоків відходів.

Проблеми збору, обліку та технічного рівня переробки вторинного сировини, що містить шляхетні метали, багато в чому пов'язані з класифікацією цієї сировини. Склад відходів, зокрема, брухт електронної та електротехнічної промисловості, дуже різноманітний і різко коливається, внаслідок чого класифікація такого брухту пов'язана з великими труднощами.

На даний час немає єдиної класифікації вторинного сировини, що містить шляхетні метали.

Можливі класифікації вторинної електронної сировини:

- бідна сировина (менше 1% золота, 5% срібла та 1% металів платинової групи);
- багата сировина (понад 1 % золота, 5 % срібла та 1 % металів платинової групи).

Відходи, що утворилися, з одного боку, завдають величезної шкоди навколишньому середовищу, з іншого – представляють собою найцінніші ресурси, за вмістом корисних компонентів у сотні та тисячі разів перевершують природні джерела. Особлива роль дорогоцінних металів обумовлена місцем, яке вони займають у фінансовій системі окремих держав та світової спільноти в цілому.

РОМАНОВИЧ Б.М., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## КОМПОСТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ БІОДОСТУПНОСТІ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН НА ДЕГРАДОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** Compost is an effective, eco-friendly solution for restoring degraded soils by enhancing nutrient bioavailability and soil structure. In Ukraine, composting is gaining traction as a method to improve soil quality, supported by national policies. The European Union integrates composting into the circular economy, ensuring safety through strict quality standards. Further research is needed to optimize compost use and assess its long-term effects on soil restoration.

Деградація ґрунтів є однією з найважливіших екологічних проблем сучасності. Вона призводить до зниження родючості, втрати біорізноманіття та деградації екосистем. Одним із ключових аспектів відновлення пошкоджених земель є підвищення біодоступності поживних речовин, що забезпечує належне живлення рослин і відновлення ґрунтових екосистем. Використання компостів як екологічно безпечного інструменту відновлення ґрунтів є перспективним рішенням цієї проблеми.

Використання різних типів компостів має специфічний вплив на біодоступність поживних речовин. Наприклад, компости з агровідходів багаті на калій і фосфор, тоді як компости з харчових відходів містять широкий спектр мікроелементів. Вибір відповідного типу компосту залежить від потреб конкретного ґрунту та цілей відновлення. Біодоступність поживних речовин визначається як частка елементів, доступних для засвоєння рослинами та ґрунтовими мікроорганізмами. На цей показник впливають фізико-хімічні характеристики ґрунту, рівень органічної речовини, мікробна активність та наявність комплексують сполук. Компости, отримані з органічних відходів, є джерелом макро- і мікроелементів, гумінових речовин та мікробіологічної біоти, які сприяють підвищенню біодоступності поживних речовин у деградованих ґрунтах. Компост поліпшує структуру ґрунту, підвищує його вологоутримуючу здатність і активізує ґрунтову мікрофлору. Завдяки мікробіологічним процесам у компості відбувається мінералізація органічних речовин, що робить поживні елементи доступними для рослин. Дослідження показують, що застосування компостів збільшує вміст азоту, фосфору та калію в ґрунті, покращує його буферну здатність і сприяє фіксації вуглецю, що особливо важливо для відновлення деградованих земель.

В Україні компостування набуває все більшого поширення як метод переробки органічних відходів та покращення якості ґрунтів. Компостування є ефективним та екологічно безпечним способом виробництва добрив з різних органічних відходів, що сприяє підвищенню родючості ґрунтів. Крім того, в Україні розроблено Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням, який передбачає заходи для збереження родючості ґрунтів та відновлення деградованих територій.

У країнах Європейського Союзу компостування є важливою складовою економіки замкнутого циклу. Зокрема, у Німеччині компостування розглядається як ланка в ланцюжку економіки замкнутого циклу, одночасно будучи частиною процесу поводження з відходами. У багатьох європейських країнах існують суворі стандарти якості компосту, що гарантують його безпечність та ефективність при використанні для відновлення ґрунтів. Досвід ЄС демонструє, що інтеграція компостування у стратегії сталого розвитку не лише сприяє відновленню земель, але й допомагає зменшити кількість відходів і підвищити ефективність використання ресурсів.

Компост є ефективним інструментом для підвищення біодоступності поживних речовин на деградованих землях. Його застосування сприяє відновленню фізико-хімічних властивостей ґрунту, активізації мікробіологічних процесів та підвищенню родючості. Досвід країн ЄС демонструє успішність інтеграції компостування в стратегії сталого розвитку та відновлення ґрунтів. В Україні спостерігається позитивна динаміка в напрямку впровадження компостування, що сприяє збереженню родючості ґрунтів та екологічній безпеці. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію складу компостів та визначення їхньої тривалої дії на різні типи деградованих земель.

КАРАЧУН М.С., ТИМЧУК І.С., СЕРЕДА А.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## АДАПТАЦІЯ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ ЧЕРЕЗ ІНТЕГРАЦІЮ ЗЕЛЕНИХ ІНФРАСТРУКТУР

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** Climate change challenges urban areas by intensifying heatwaves, increasing extreme weather events, and worsening air quality. Green infrastructure—urban forests, green roofs, permeable surfaces, and blue-green corridors—helps mitigate these effects by reducing heat, improving water management, and enhancing biodiversity. Cities like Copenhagen, Singapore, and New York showcase its effectiveness. While Ukraine has started implementing such projects, broader adoption requires legislative support, strategic planning, and public engagement. Integrating nature-based solutions into urban planning is key to building climate-resilient cities and ensuring a healthier future.

Зміна клімату є одним із найсерйозніших викликів для сучасних міст. Підвищення середньорічних температур, зростання частоти екстремальних погодних явищ, ефект міського теплового острова, частіші паводки та зниження якості повітря негативно впливають на комфорт і здоров'я міських мешканців. Через урбанізацію більша частина міських територій вкрита асфальтом і бетоном, що сприяє перегріванню, порушенню природного водного балансу та погіршенню екологічного стану. У відповідь на ці виклики все більше міст розглядають інтеграцію зеленої інфраструктури як ефективний інструмент пом'якшення наслідків зміни клімату.

Зелена інфраструктура поєднує природні та технологічні рішення для створення більш стійкого міського середовища. До її елементів належать міські ліси, парки, зелені дахи та стіни, водопроникні поверхні, дощові сади, екологічні бульвари та водно-зелені коридори. Такі системи виконують кілька важливих функцій: знижують температуру повітря влітку, зменшують ефект міського теплового острова, покращують якість повітря, сприяють біорізноманіттю та регулюють водний баланс. Наприклад, зелені дахи зменшують перегрів будівель, підвищують їхню енергоефективність і сприяють зменшенню викидів CO<sub>2</sub>. Міські парки та ліси виконують функцію природних фільтрів повітря та сприяють зниженню рівня шумового забруднення. Блакитно-зелені інфраструктури, як-от водозатримувальні ставки, дощові сади та річкові коридори, сприяють запобіганню урбаністичним паводкам та покращують місцевий мікроклімат.

Світовий досвід доводить ефективність таких рішень у боротьбі з наслідками зміни клімату. Наприклад, у Копенгагені реалізовано програму створення водоутримуючих парків, які здатні накопичувати великі обсяги дощової води, зменшуючи ризик затоплень. Сінгапур став світовим лідером у розвитку вертикального озеленення: зелені фасади та сади на дахах допомагають знизити споживання електроенергії в будівлях та зменшити температурний перегрів вулиць. У Нью-Йорку активно впроваджуються блакитно-зелені інфраструктури, що дозволяють місту адаптуватися до підвищення рівня моря та наслідків ураганів.

В Україні також існують передумови для розвитку зеленої інфраструктури, хоча цей процес перебуває на початковій стадії. У великих містах, таких як Київ, Львів та Харків, уже реалізуються окремі ініціативи з озеленення дахів та створення дощових садів. Проте для масштабного впровадження природоорієнтованих рішень необхідні комплексні державні програми, зміни в законодавстві та залучення приватного сектору. Важливим аспектом є підвищення екологічної свідомості населення та активна участь громадськості у створенні комфортного міського середовища.

Таким чином, інтеграція зеленої інфраструктури є ключовим напрямом адаптації міських агломерацій до змін клімату. Вона сприяє екологічній стійкості міст, зменшенню негативних наслідків урбанізації та підвищенню якості життя громадян. Для ефективного впровадження таких рішень потрібен міждисциплінарний підхід, стратегічне планування, підтримка влади та активна взаємодія з громадськими ініціативами. Тільки комплексний підхід дозволить містам адаптуватися до змін клімату, зберегти екосистемні послуги та створити здорове середовище для майбутніх поколінь.

СЛЕСАРЄВА К.В., СИМИР А.О., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ІНТЕГРАЦІЇ БІОЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ У МУНІЦИПАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** Modern cities face rising waste management challenges, including high costs and environmental pollution. Traditional systems are unsustainable, leading municipalities to adopt bio-circular economy principles. This approach minimizes waste, optimizes resources, and uses biotechnologies. It reduces landfill costs, creates jobs in biotechnology, and generates revenue from recycled materials. Environmental benefits include lower greenhouse gas emissions and improved soil and water quality. Successful implementation requires legislative support, innovation, and public engagement for sustainable urban development.

Сучасні міста стикаються зі зростаючими проблемами у сфері управління відходами: високі витрати на утилізацію, забруднення довкілля та обмеженість природних ресурсів. Обсяг відходів постійно зростає, створюючи значне навантаження на існуючі муніципальні системи. Традиційні системи управління відходами, що базуються на принципі "взяти – використати – викинути", більше не відповідають вимогам сталого розвитку. У відповідь на ці виклики все більше муніципалітетів звертаються до принципів біоциркулярної економіки.

Біоциркулярна економіка передбачає замкнені цикли використання матеріалів, де відходи однієї галузі стають ресурсами для іншої. Основні принципи включають мінімізацію відходів, оптимізацію використання ресурсів та впровадження біотехнологій. Це дозволяє зменшити обсяги сміття та створити нові цінності з матеріалів, які раніше вважалися непотрібними. Наприклад, органічні відходи можуть перетворюватися на добрива або біогаз, а біополімери – на біорозкладні матеріали. Інтеграція біоциркулярних підходів у муніципальні системи має значні економічні переваги. По-перше, зменшуються витрати на захоронення відходів, оскільки значна частина з них повертається у виробничий цикл. Це особливо актуально для міст із обмеженими земельними ресурсами. По-друге, з'являються нові економічні можливості: створення робочих місць у сфері біотехнологій та відновлюваної енергетики. Наприклад, виробництво біогазу з органічних відходів може забезпечити енергетичні потреби міста та стати джерелом додаткового доходу. Перероблені матеріали можуть використовуватися для виробництва нових товарів, що знижує залежність від імпортованої сировини. Наприклад, органічні добрива, отримані з харчових відходів, можуть замінити хімічні аналоги, що зменшує витрати аграрного сектору.

Екологічні вигоди біоциркулярної економіки є не менш значущими. Скорочення кількості відходів, що потрапляють на полігони, знижує викиди парникових газів, зокрема метану. Використання біотехнологій для переробки органічних матеріалів сприяє покращенню якості ґрунтів і вод. Наприклад, компостування харчових відходів створює якісні добрива для міського озеленення. Це сприяє відновленню міських екосистем та покращенню біорізноманіття. Зниження використання невідновлюваних ресурсів завдяки заміні їх біологічними аналогами також є важливим. Наприклад, застосування біорозкладних матеріалів зменшує кількість пластикових відходів. Важливу роль відіграє підвищення екологічної свідомості населення. Впровадження програм з роздільного збору відходів сприяє формуванню культури сталого споживання. Для успішної інтеграції біоциркулярної економіки необхідна комплексна стратегія, що охоплює законодавчі ініціативи, технологічні інновації та співпрацю між державним, приватним сектором і громадянськістю. Муніципалітети можуть запроваджувати фінансові стимули для підприємств, що впроваджують екологічно дружні технології, та сприяти розвитку інфраструктури для переробки відходів.

Отже, впровадження біоциркулярної економіки у муніципальні системи управління відходами є стратегічно важливим кроком до забезпечення сталого розвитку міст. Це дозволяє одночасно вирішувати екологічні проблеми, зменшувати витрати та створювати нові економічні можливості. За умов належної підтримки з боку держави та активної участі громади, біоциркулярна економіка може стати фундаментом для екологічно відповідальних та економічно стійких міських систем у майбутньому.

МАТВІЙВ П.В., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОГАЗОВОГО СЕКТОРУ В УКРАЇНІ**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна.*

**Abstract.** The biogas sector in Ukraine is vital for sustainable energy and environmental management. Advanced technologies like anaerobic digestion and gasification reduce environmental impacts and produce renewable energy. Mapping biomass resources optimizes collection and logistics. Ukraine's National Energy and Climate Plan aims to produce 100 million cubic meters of biomethane annually by 2030. Despite early-stage development, future projects plan to expand capacity. Key challenges include integrating biomethane into distribution networks and aligning with European energy regulations.

Сучасний розвиток біоенергетики є важливою складовою сталого розвитку, оскільки дозволяє одночасно вирішувати екологічні та енергетичні проблеми. Однак неналежне поводження з відходами біомаси може спричинити значні екологічні ризики, включаючи забруднення повітря, води та деградацію ґрунтів. Традиційні методи утилізації, такі як захоронення або відкрите спалювання, спричиняють високі викиди CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин, що сприяє глобальному потеплінню.

Ефективне управління відходами біомаси передбачає комплексний підхід, що включає їхню збір, переробку та подальше використання для виробництва енергії. Одним із ключових рішень є картографування біомаси, що дозволяє визначити оптимальні місця її збору та мінімізувати логістичні витрати. Важливим аспектом є впровадження сучасних технологій конверсії біомаси, зокрема анаеробного зброджування, термічного піролізу та газифікації, які дозволяють отримувати біогаз, біовугілля та інші енергоносії з високою ефективністю.

Країни Європейського Союзу, США та Японія активно розвивають політику підтримки біоенергетичних проєктів, що сприяє зростанню виробництва електроенергії з біомаси. Наприклад, у США у 2018 році виробництво електроенергії з біомаси досягло 70,6 ТВт-год, причому основними джерелами стали деревина, побутові відходи та звалищний газ. Водночас у Японії прогнозується зростання частки біомаси в енергетичному балансі країни до 2030 року.

Впровадження ефективних технологій управління відходами біомаси дозволить не лише скоротити негативний вплив на довкілля, а й забезпечити додаткові джерела відновлюваної енергії, сприяючи енергетичній безпеці та екологічній стабільності.

Розвиток біоенергетики, зокрема біогазового виробництва, є одним із пріоритетних напрямів для України. Міністерство енергетики України активно працює над розвитком ринку біогазу та біометану, а також їхньою інтеграцією в загальноєвропейський енергетичний простір. Згідно з Національним планом дій з енергетики та клімату на період до 2030 року, планується виробництво біометану в обсязі 100 млн кубометрів на рік, а Національний план дій з відновлюваної енергетики передбачає щорічне виробництво 22 млн кубометрів біогазу та біометану. Станом на сьогодні в Україні діють 83 біогазові установки із загальною встановленою потужністю 140 МВт. Проте сектор біометану перебуває на початковій стадії розвитку – наразі в країні функціонують лише дві біометанові установки, що виробляють 6 млн кубометрів біометану на рік. Однак, у найближчі роки планується запуск семи нових біометанових об'єктів загальною потужністю 111 млн кубометрів на рік.

Для стимулювання галузі необхідно вирішити низку ключових питань, серед яких інтеграція біометану до газорозподільних мереж, створення ефективного механізму сертифікації та впровадження єдиної системи вимірювання обсягів виробленого біометану. Важливим напрямом є також експорт біометану до Європейського Союзу, що потребує узгодження регуляторних норм між Україною та країнами ЄС.

Незважаючи на існуючі виклики, потенціал України у сфері біоенергетики є значним. Завдяки великій сировинній базі – промисловому тваринництву, рослинництву та харчовій промисловості – біогазова та біометанова галузь можуть стати ключовими складовими українського енергетичного балансу. Подальший розвиток цього сектора сприятиме не лише енергетичній незалежності, а й скороченню викидів парникових газів, що є важливим кроком у боротьбі зі змінами клімату.

ШЕВЧЕНКО О. О. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

## **ЗМІСТ ЮРИДИЧНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ЗА НЕДОТРИМАННЯ ВИМОГ ЩОДО ЦІЛЬОВОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ**

*Академія праці, соціальних відносин і туризму  
м. Київ, Кільцева дорога, 3-А  
[info@socosvita.kiev.ua](mailto:info@socosvita.kiev.ua)*

**Анотація.** У статті досліджується зміст юридичної відповідальності у сфері земельного та екологічного права, що є ключовою категорією правового регулювання у сфері суспільних відносин, які стосуються використання земель за їх цільовим призначенням. Аналізується міждисциплінарний характер відповідальності за недотримання вимог щодо цільового використання земельних ділянок, що передбачає встановлення складу правопорушення, визначення спеціального суб'єкта, оцінку наслідків та застосування різних видів юридичної відповідальності, зокрема конституційної, цивільно-правової, господарсько-правової, кримінальної, адміністративної та еколого-правової.

Зміст поняття юридичної відповідальності ґрунтується на тому, що юридична відповідальність є центральним явищем (категорією) і права і законодавства. Це поняття широко охоплюється у сфері земельного та екологічного права та слугує підґрунтям і основою для подальшого встановлення такої відповідальності та негативних наслідків для осіб, які здійснюють протиправні дії всупереч встановленим обмеженням по встановленим цільовим використанням землі для кожної окремо взятої земельної ділянки.

Юридична відповідальність земельного правопорушення у вигляді недотримання вимог за використанням землі за її цільовим призначенням - має міждисциплінарну складову та повинна розглядатися невід'ємно від понять функціонального призначення земельної ділянки та її раціонального використання.

Міждисциплінарний характер такої відповідальності пов'язаний з тим, що:

- *по-перше*, об'єктом правового регулювання є особливий та цінний вид об'єкту- земельна ділянка.
- *по-друге*, під час притягнення особи до юридичної відповідальності, мають бути встановлені об'єктивна сторона правопорушення чи злочину, що скоєний особливим суб'єктом (землевласником або землекористувачем);
- *по-третє*, характером наслідків, що буде чіпати інші суспільно-охоронювані інтереси осіб (держави вцілому, територіальної громади, або третіх осіб цивільного та господарського права, що постраждали внаслідок протиправних дій винного суб'єкта);
- *по-четверте*, різноманітність відносин, де може бути застосована така відповідальність відповідно до її виду: конституційна, цивільно-правова, господарсько-правова, кримінальна, адміністративна, фінансова, еколого-правова, земельно-правова, дисциплінарна, трудова, міжнародна.

Останнє викликано, саме тим, що земельне законодавство тісно пов'язане із еколого-правовими нормами та вимогами, а також як наслідок є порушенням загальноприйнятих видів правової відповідальності, що розгалужені за характером дії відповідно до процесуальних характеристик, де вона встановлена.

Також варто відзначити, що неоднозначне тлумачення понять та термінів за нецільове використання земельних ділянок, неефективні та неієві санкції, а також перевантаження органів державної влади та їх посадових обов'язками щодо застосування відповідних санкцій до правопорушення веде до знецінення землі та її втрати, як основного багатства та ресурсу Української Держави.

Отже, висновуємо, що дослідження питання встановлення єдиного понятійного апарату для визначення правопорушення у сфері недотримання вимог законодавства у сфері нецільового використання землі, а також уніфікованого підходу до притягнення землевласників та землекористувачів до юридичної відповідальності є важливим етапом у реалізації земельної реформи в Україні.

ТУЦЬ І.О. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГЕТИКИ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, вул. Карпатська, 15 ,м. Івано-Франківськ, Україна.*

**Abstract.** The basis for the development and establishment of alternative energy in the current conditions in Ukraine is the need to substantiate socio-economic aspects and environmental issues. Traditional energy sources, such as coal, oil and natural gas, emit huge amounts of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and other pollutants that have a negative impact on the environment when they are burned. Renewable energy is of great importance for the environment. First of all, alternative energy sources, such as solar, wind, hydroelectric and geothermal, significantly reduce greenhouse gas emissions that lead to global warming.

Енергетична галузь України на сьогоднішній день є критично важливою для забезпечення життєдіяльності населення у період війни, а у післявоєнний період відбудови країни для нормального розвитку усіх складових функціонування економіки. Особливого значення це питання набуло під час військових дій агресора в Україні, коли ворог намагався зруйнувати об'єкти критичної енергетичної інфраструктури: АЕС, нафтогазовидобувні, енергогенеруючі. Під обстріли потрапили сонячні та вітрові, гідроелектростанції та об'єкти біоенергетики, зруйновані електричні мережі та розкрадено обладнання електростанцій. Тому це змушує нас переглянути основні вектори екологічної та енергетичної безпеки держави з точки зору скорочення та повної відмови від російського викопного палива, максимізувати темпи виробництва та використання енергії з відновлюваних джерел.

Тому аналіз екологічних та економічних напрямків трансформації енергетичної галузі України в умовах війни та повоєнного відновлення має важливе значення для нашої країни.

Відомо, що до недавня основним джерелом енергії для України та багатьох країн ЄС були нафта і природний газ, а відновлювальні та альтернативні джерела займали третє місце у цьому балансі. Саме відновлювані джерела енергії є найдешевшою та в екологічному плані найчистішою доступною енергією, яку можна виробляти, зменшуючи при цьому потребу в імпорті енергії

Також важливе значення має те, що альтернативні та відновлювальні джерела енергії: сонячна, вітрова, гідроелектрична та геотермальна енергетика, значно зменшують викиди парникових газів, внаслідок чого ми спостерігаємо глобальне потепління. Натомість традиційні джерела енергії: вугілля, нафта та природний газ, при спалюванні викидають велику кількість вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) та інших забруднюючих речовин, які негативно впливають на навколишнє середовище.

Крім того, енергетичний перехід і декарбонізація приносять також економічні вигоди для підприємств у вигляді зменшення їх експлуатаційних витрат. А перехід на енергоефективні технології, включаючи використання відновлювальних джерел енергії, сприятимуть зниженню їх операційних витрат.

Отже, кліматичні зміни обумовлені зростанням антропогенних викидів парникових газів в атмосферу, які створюють глобальний парниковий ефект. Сьогодні це одна з найбільш важливих екологічних та економічних проблем, оскільки зміна клімату для всіх країн світу, а збільшення кількості природних катастроф, що зумовлює масштаби екологічних збитків для України становить більше 1 мільярда доларів США.

Тому нами проведено наукові дослідження щодо розроблення ефективних енергетичних стратегій управління нафтогазовидобувними підприємствами (НГВП), враховуючи необхідність зменшення втрат від викидів парникових газів. А це має великий вплив на прибуток і рентабельність підприємств, а також на конкурентоспроможність на ринку.

Оскільки, на сьогоднішній день відсутня нормативна методика оцінювання ступеня впливу викидів парникових газів на економічну діяльність НГВП, кожне підприємство самостійно розраховує втрати, а це негативно впливає на економічну ефективність.

Таким чином оцінювання викидів парникових газів НГВП є складним багатофункціональним процесом, який має важливе значення для покращення фінансового стану та інвестиційної привабливості підприємства.

Це також підвищить рівень екологічної безпеки, життєдіяльність населення держави та економічну ефективність при видобування вуглеводнів, що матиме дуже важливе значення при післявоєнній відбудові України.

Отже, пошук нових економіко-екологічних механізмів, щодо зменшення негативних наслідків викидів парникових газів, а також покращенню фінансового стану підприємства, є актуальним науковим завданням, яке має важливе практичне значення для нафтогазовидобувної галузі України.

МАНДРИК О. М., БАРАБАН К. І. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)

## **КОЕФІЦІЄНТ ФІТОМЕЛІОРАТИВНО ЕФЕКТИВНОСТІ ЯК ІНДИКАТОР ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна.*

**Abstract.** In the context of expanding areas of technogenically disturbed land, particularly in mining regions, the search for effective bioindicators capable of assessing the self-recovery potential of such territories is becoming increasingly relevant. One of the quantitative indicators applied for this purpose is the coefficient of phytomeliorative efficiency (CPE), which enables the characterization and evaluation of a phytocoenosis's ability to stabilize the physico-chemical properties of the substrate and to initiate natural mechanisms of ecological rehabilitation.

В умовах зростання площ техногенно порушених земель, зокрема у гірничодобувних регіонах, актуальним є пошук ефективних біоіндикаторів, що дозволяють оцінити потенціал територій до самовідновлення. Одним із таких кількісних показників є коефіцієнт фітомеліоративної ефективності (КФЕ), який дає змогу охарактеризувати та оцінити здатність фітоценозу стабілізувати фізико-хімічні властивості субстрату та запустити природні механізми екологічної реабілітації.

У ході дослідження було здійснено оцінку ефективності природної фіторекультивациї породних відвалів шляхом обчислення коефіцієнта фітомеліоративної ефективності (КФЕ), що базувався на показниках проективного покриття, видової різноманітності та загального фітосанітарного стану рослинного покриву.

Дослідження проведено у польових умовах на території породного відвалу шахти «Межирічанська» в межах Червоноградського гірничопромислового району.

Для повноти оцінки на шістьох досліджуваних територіях було закладено ряд пробних ділянок, розміром 10×10 м, де проводився аналіз існуючих груп насаджень та облік зростаючої рослинності.

Для кожної дослідної ділянки розрахунок коефіцієнта фітомеліоративної ефективності здійснювався за індивідуальною формулою, адаптованою на основі загальної методики, запропонованої Кучерявим В.П., з урахуванням специфіки рослинного покриву та типу субстрату.

Вибіркові ділянки характеризувалися різними типами субстратів та ступенем розвитку рослинного покриву. Для кожної ділянки визначено показник проективного покриття рослинності (%), встановлено склад домінуючих видів та візуально оцінено стан фітоценозу (наявність ознак пригнічення, хлорозу, неоднорідності). Отримані дані були використані для розрахунку КФЕ за адаптованою бальною шкалою, що враховує як кількісні, так і якісні характеристики рослинного покриву.

Встановлено, що найвищі значення КФЕ фіксувалися на ділянках із суцільним проективним покриттям (понад 75%), де домінували стійкі до стресових умов види родин Fabaceae та Poaceae. У зонах із фрагментарним покривом або переважанням рудеральної флори КФЕ мав мінімальні значення. Це свідчить про низький рівень фітомеліорації та несприятливі умови для відновлення біотичних компонентів.

Результати дослідження можуть бути використані для моніторингу динаміки рекультиваційних процесів, а також для визначення пріоритетних ділянок екологічного втручання.

У підсумку, коефіцієнт фітомеліоративної ефективності може бути використаний як універсальний індикатор екологічного стану територій техногенного навантаження. Його застосування дозволяє виявити ділянки з високим потенціалом до саморекультивациї та формувати обґрунтовані рекомендації щодо заходів екологічної реабілітації.

Наукове online-видання

СТАЛИЙ РОЗВИТОК:  
ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.  
ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ.  
ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.

X МІЖНАРОДНИЙ МОЛОДІЖНИЙ КОНГРЕС  
27-28 березня 2025, Україна, Львів

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Головний редактор Online-видання  
Технічний редактор Online-видання  
Комп'ютерний набір тексту  
Дизайн обкладинки

Я. Яроченко  
Л. Гудзик  
О. Венгер  
О. Іващенко

**Цитування:**

Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. X Міжнародний молодіжний конгрес, 27-28 березня 2025, Україна, Львів : зб. матер. — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2025. — 291 с. : рис., табл., фот. — on-line. — Режим доступу: <https://liegudzyk.com/stalyy-rozvytok-X-mizhnarodnyy-molodizhnyy-konghres-2025>



**Видавець:** Яроченко Яніна Володимирівна  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 6692 від 21.03.2019  
publishing.7456@gmail.com / +38 093 923 1410 / Viber & Telegram  
**Lie Gudzyk Studio®** / <https://liegudzyk.com/online-publishing>



2025