



МАТЕРІАЛИ
XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. СУСПІЛЬСТВО
(5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

HANDBOOK
of the XXIV International Science Conference
ECOLOGY. HUMAN. SOCIETY
(June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ігоря Сікорського
2024

УДК 574 (063)

Рецензенти:	Микола ГОМЕЛЯ, д-р тех. наук, проф. Тетяна ШАБЛІЙ, д-р тех. наук, проф. Валерія ВЕМБЕР, канд. біол. наук, доц. Юлія НОСАЧОВА, канд. тех. наук, доц. Ярослав РАДОВЕНЧИК, канд. тех. наук, доц. Милиця КАРЕВА, викладач.
Укладач та відповідальний за випуск:	Данило БЕНАТОВ, канд. тех. наук, доц.
Дизайн і верстка:	Діна КОЛТИШЕВА
Обкладинка	Данило БЕНАТОВ

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна) / Укладач Д. Е. Бенатов. — К.: Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, 2024. — 288 с.

Збірка містить статті, присвячені питанням розробки та впровадження безвідходних технологій, очистки природних і стічних вод від забруднень антропогенного характеру, знешкодження газових викидів, рекуперації промислових відходів, розробки, проектування та впровадження екологічно чистих технологій та обладнання, екологічного моніторингу, екології популяції, охорони рослинного та тваринного світу, впливу стану навколишнього середовища на здоров'я населення, застосування методів математичного моделювання та прогнозування у промисловій екології, а також управлінським, соціально-економічним і правовим аспектам раціонального природокористування та екологічної безпеки. Для студентів, аспірантів, науковців і всіх, хто цікавиться проблемами захисту навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів.

- Подані матеріали пройшли рецензування і публікуються у кінцевій авторській редакції.
- Організаційні внески учасників конференції були передані на благодійні потреби.
- Збірку підготовлено та видано за підтримки **Патентного бюро "Д-р Еміл Бенатов та Партнери"**.
- Спонсор конференції — **компанія "BTU"**.

Handbook of the XXIV International Science Conference «Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine) / D. Benatov. — K.: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2024. — 288 p.

This edition includes articles devoted to development and introduction of wasteless technologies, natural waters and sewage purifying from anthropogenic pollution, gas emission neutralization, industrial waste recuperation, development, design and introduction of non-polluting technologies and equipment, ecological monitoring problems, population ecology, flora and fauna protection, environmental influence on people health, methods of mathematical modelling and forecasting application in industrial ecology, administrative, social, economic and law aspects of natural resources rational use and ecological safety. For students, post-graduates, scientists and everyone who is interested in environment protection and natural resources rational use problems.

- *The submitted materials were reviewed and published in the final author's version.*
- *All administrative fees were donated to charity.*
- *This handbook was prepared and published with the support of the **Patent Bureau "Dr. Emil Benatov and Partners"**.*
- *The conference is sponsored by **BTU COMPANY**.*

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
03056, м. Київ, пр-т Берестейський, 37, тел. (044) 454-9243
Наклад 150 пр.

ISSN (Online) 2710-3315
© Усі права авторів захищені, 2024

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Євген ПАНОВ	д-р тех. наук, проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського (Україна) <i>голова програмного комітету</i>
Микола ГОМЕЛЯ	д-р тех. наук, проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського (Україна) <i>заступник голови програмного комітету</i>
Гінтарас ДЕНАФАС	д-р наук, проф., Каунаський технологічний університет (Литва)
Ірина ДРОНОВА	д-р філософії, проф. Університету Каліфорнії в м. Берклі (США)
Милиця КАРЕВА	викладач Палацу дітей та юнацтва м. Києва (Україна)
Юлія ЛУЧАКІВСЬКА	канд. біол. наук., зав. лабораторії експериментальної біології Палацу дітей та юнацтва м. Києва (Україна)
Валерій МИХАЙЛЕНКО	канд. хім. наук, доц. КНУ ім. Т. Г. Шевченка (Україна)
Ігор СВІКІС	викладач, Латвійський університет (Латвія)
Андрій СТЕПАНЮК	канд. тех. наук, доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського (Україна)
Дмитро СТЕФАНИШИН	д-р тех. наук, проф., Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (Україна)
Олександр ТАШИРЕВ	д-р тех. наук, ст. н. с., Інститут мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України (Україна)

CONFERENCE PROGRAM COMMITTEE

Yevhen PANOV	D.Eng., prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (Ukraine) <i>chief of the Program Committee</i>
Mykola GOMELYA	D.Eng., prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (Ukraine) <i>deputy chief of the Program Committee</i>
Gintaras DENAFAS	ScD., prof., Kaunas University of Technology (Lithuania)
Iryna DRONOVA	PhD, prof., University of California, Berkeley (USA)
Mylytsia KAREVA	Lecturer, Kyiv Palace of Children and Youth (Ukraine)
Yuliya LUCHAKIVSKA	PhD., Head of the Laboratory of Experimental Biology, Kyiv Palace of Children and Youth (Ukraine)
Valerii MYKHAILENKO	Ph.D., assoc. prof., Taras Shevchenko National University of Kyiv (Ukraine)
Dmytro STEFANYSHYN	D.Eng., prof., Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine)
Andrii STEPANYUK	Ph.D., assoc. prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (Ukraine)
Igor SVIKIS	Lecturer, University of Latvia (Latvia)
Oleksandr TASHYREV	D.Eng., senior scientific researcher, D. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Science of Ukraine (Ukraine)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Данило БЕНАТОВ	канд. тех. наук, доц. КПІ ім. Ігоря Сікорського, <i>голова організаційного комітету конференції</i>
Валерія ВЕМБЕР	канд. біол. наук, доц. КПІ ім. Ігоря Сікорського
Юлія НОСАЧОВА	канд. тех. наук, доц. КПІ ім. Ігоря Сікорського
Ярослав РАДОВЕНЧИК	канд. тех. наук, доц. КПІ ім. Ігоря Сікорського
Дмитро СІДОРОВ	канд. тех. наук, доц. КПІ ім. Ігоря Сікорського
Тетяна ШАБЛІЙ	д-р тех. наук, проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

CONFERENCE ORGANIZING COMMITTEE

Daniel BENATOV	Ph.D., assoc. prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, <i>head of the Organizing Committee</i>
Yuliia NOSACHOVA	Ph.D., assoc. prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Yaroslav RADOVENCHYK	Ph.D., assoc. prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Dmytro SIDOROV	Ph.D., assoc. prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Tetiana SHABLIY	D.Eng., prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Valeriia VEMBER	Ph.D., assoc. prof., Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

ЗМІСТ

Секція № 1
ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Олена КОСОБУЦЬКА, Юлія ЧЕСТНИХ, Ганна ТРОХИМЕНКО ЕМ-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК БІОЛОГІЧНИЙ ЗАСІБ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ТА ПОЛПШЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТУ . 18	
Тетяна КОШЛЯКОВА, Ірина КУРАЄВА, Валентин ВЕРХОВЦЕВ, Юрій ТИЩЕНКО, Олена ДЕРЮГІНА ЕКОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІВДЕННОЇ ДІЛЯНКИ БАЛАХІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАФІТУ 22	22
Наталія КРЮЧЕНКО, Едуард ЖОВИНСЬКИЙ, Петро ПАПАРИГА РОЗПОДІЛ ФТОРУ У СИСТЕМІ «ҐРУНТ-РОСЛИНА» КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА (УРОЧИЩЕ ПІДДІЛ)..... 28	28
Алла ЛЕВІШКО, Ірина ГУМЕНЮК АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МІКРОБІОМУ ҐРУНТІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ 33	33
Дар'я ЛУЦЕНКО ФІТОПЛАНКТОН – ЯК БІОІНДИКАТОР ЯКОСТІ ВОДИ РІЗНОТИПНИХ ГІДРОЕКОСИСТЕМ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ 36	36
Олександр МУДРАК, Анна МАГДІЙЧУК СУКЦЕСІЇ КАР'ЄРНО-ВІДВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧОТЕХНІЧНОГО ЕТАПУ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ 41	41
Анатолій ОРЛОВСЬКИЙ, Назарій СУС, Вікторія ЦВІГУН, Ірина ГУМЕНЮК <i>CANDIDATUS PHYTOPLASMA ASTERIS</i> I <i>METCALFA PRUINOSA</i> (SAY, 1830): СПІЛЬНІ ХАЗЯЇ..... 46	46
Валентина ПІДЛІСНЮК, Вікторія ЦИГАНКОВА, Тетяна СТЕФАНОВСЬКА, Артем МЕДКОВ, Степан ПІЛЬО, Володимир БРОВАРЕЦ ВИКОРИСТАННЯ ЧАРКОРУ ТА КАМЕТУРУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ РОСТУ ТА ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО НА ҐРУНТАХ, ЗАБРУДНЕНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ 50	50
Леся РАТУШНЮК, Тамара ДУДАР ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ ТА ЛІСИСТІСТЬ ТЕРИТОРІЙ: ПРИКЛАД ФАСТІВЩИНИ..... 54	54
Назарій СУС, Лілія ЯНСЕ, Анатолій ОРЛОВСЬКИЙ ВИДИ КОМАХ (ВКЛЮЧНО ЗІ ШКІДНИКАМИ ТА ПОТЕНЦІЙНИМИ ПЕРЕНОСНИКАМИ ВІРУСІВ), ВИЯВЛЕНІ НА ХМЕЛІ (<i>HUMULUS LUPULUS</i>) В УКРАЇНІ: КОНТРОЛЬНИЙ СПИСОК 58	58
Олександр ТАШИРЕВ, Віра ГОВОРУХА, Олеся ГАВРИЛЮК, Галина ГЛАДКА, Ірина БІДА ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ПРОГНОЗ ДЛЯ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ..... 65	65
Лариса ЧЕРНЯК, Томаш МАНЄЦКІ, Радослав ЧЕШЕЛЬСКІ, Олександр МІХЄЄВ, Тетяна ДМИТРУХА ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ НА ДЕГРАДАЦІЮ ҐРУНТУ 68	68
Євгенія ЮЗУПКІНА, Тетяна ДОНЦОВА SnO ₂ ЯК ЧУТЛИВИЙ ШАР У ГАЗОВИХ СЕНСОРАХ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЦІЛЕЙ..... 72	72

Дмитро ЯКОВЕНКО, Ярослава БУХОНСЬКА, Віра БОРОДАЙ ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ АЗОТОФІТ, ЛИПОСАМ ТА ОРГАНІК БАЛАНС НА ВІДНОСНУ ТУРГЕСЦЕНТНІСТЬ ТКАНИН ЛИСТКІВ *ZEA MAYS L.*..... 77

Секція № 2 ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Катерина БАЙДУР, Анна СТЕЦЮК, Нікіта КОЛОМАЦЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ 82

Альона ВДОВИЧЕНКО ПЕРІОДИЧНА ПОДАЧА ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ З МЕТОЮ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ..... 88

Марта ВОЗНЮК, Тетяна ШАБЛІЙ, Микола ГОМЕЛЯ ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВІСНИХ ВОД 91

Валерій ГАЄВСЬКИЙ, Віктор ФИЛИПЧУК ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК 96

Михайло ГАЛИШ, Ірина ДЕЙКУН ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ОЧЕРЕТЯНОЇ ОРГАНОСОЛЬВЕНТНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ..... 100

Красімір ГЕОРГІЄВ АНАЛІЗ ВИМІРЯНИХ ПОКАЗНИКІВ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 5,04 КВт, ПІДКЛЮЧЕНОЇ ДО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ..... 104

Володимир ГМИРЯ, Юрій САМАРЦЕВ АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ВИРОБНИЦТВА ПЕТ ПЛЯШОК..... 110

Катерина ГОРДІЄНКО, Ярослав РАДОВЕНЧИК ВИКОРИСТАННЯ СИЛКАТУ НАТРІУ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ:ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ..... 114

Йосип ГРИБ, Сергій КОВАЛЬЧУК, Андрій КАЛЬКО ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД 118

Катерина ДЕЙНЕКА, Ігор ДЕЙНЕКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМУ ОБЕРТАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У БАРАБАННОМУ МЛІНІ 122

Андрій ДМИТРУК, Андрій СТЕПАНЮК МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛОНІВ ДЛЯ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК 127

Олена ІВАНЕНКО, Андрій ТРИПОЛЬСЬКИЙ, Данило ФАТЄЄВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ МОТОРНОГО ПАЛИВА ІЗ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ 130

Маргарита КАРПЕНКО, Вячеслав РАДОВЕНЧИК ОСОБЛИВОСТІ ВУГІЛЬНИХ КАРТРИДЖІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ПЕРЕРОБКИ..... 135

Микола КОСМИНА, Юлія НОСАЧОВА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕКИСНЕННЯ ВОДИ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ТА З ВИКОРИСТАННЯМ РЕАГЕНТУ ГІДРАЗИНУ 139

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

Софія КОЧУШ, Олена НОВИК ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЕКОСИСТЕМИ У КОНТЕКСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГЕС143

Наталія ЛАЦИК, Ігор ПЕТРУШКА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛОВЛЮВАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ.....148

Марія МАДАНИ ОЦІНКА ВПЛИВУ ПИЛОВИХ ВИКИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ГАЗОБЕТОНУ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ НОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.....154

Кіра МАЛИШОК, Оксана ПАВЛЕНКО, Варвара ЩИГОТ, Ольга КРУТОВА-ОНИКІЄНКО ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ НІТРОЦЕЛЮЛОЗИ З МОРСЬКОЇ ТРАВИ.....159

Вікторія МАСЛЮК, Ярослав РАДОВЕНЧИК СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СХЕМ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ164

Гітіс МІЛЯУСКАС, Гінтарас ДЕНАФАС РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗДІЛЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ КОМПОЗИТИВ.....169

Владислава МІЩАНЧУК, Марина МЕЧИК, Оксана ПАВЛЕНКО ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСКУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ З ПРИРОДНОЇ СИРОВИНИ..... 176

Юлія МОЛЧАН, Тетяна ДОНЦОВА ПОРИСТІ І ТРАНСПОРТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН НА ОСНОВІ SiC183

Віталій НЕСІН, Сергій ЛАХТАДИР, Михайло МАСТНИЙ, Олег КАГЛИНСЬКИЙ, Сергій ДОСЕНКО, Олексій КУЗНЄЦОВ, Петро БІЛЕВСЬКИЙ, Вікторія ПАВЛЕНКО ОБМЕЖЕННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ МАЛОСЕРІЙНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ186

Юлія НОСАЧОВА, Валерія ВЕМБЕР, Богдан ГАВРИЛЬЧЕНКО ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ОЧИЩЕННІ ҐРУНТІВ ВУГЛЕЦЕВИМИ СОРБЕНТАМИ.....191

Марина САКАРА, Владислав ІВАНЕНКО, Віктор КУРИЛЕНКО, Олена ЯНУШЕВСЬКА, Тетяна ДОНЦОВА КАТАЛІТИЧНИЙ КРЕКІНГ ПОЛІСТИРОЛУ НА ЦЕОЛІТНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ.....198

Наталія САМОЙЛЕНКО, Чжунтін СЕ АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА В КИТАЇ202

Олена СПАСЬКА ОЦІНЮВАННЯ ПОТОКІВ ВИПАРУВАННЯ ДЛЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ МАТЕРІАЛІВ З НИЗЬКОЮ ЛЕТКІСТЮ НА ОСНОВІ КІНЕТИКИ ВИПАРУВАННЯ ЧИСТОЇ РІДИНИ205

Ірина ТРЕМБУС, Анна ГОНДОВСЬКА ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКАТОРА ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВОЛОКОН ..209

Вадим ФЕДІН, Інна ТРУС, Марія ТВЕРДОХЛІБ, Микола ГОМЕЛЯ ПРОБЛЕМА УТВОРЕННЯ НАКИПУ В ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ВОДООХОЛОДЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЇЇ ЗАПОБІГАННЯ 215

Світлана ШИКУНОВА, Віта ГАЛИШ МЕМБРАНИ З ВІДНОВЛЮВАНОЇ МОДИФІКОВАНОЇ СИРОВИНИ 221

Микола ЯЦКОВ, Наталія КОРЧИК, Володимир БЕСЕДЮК, Захар МАЛЕЦЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ СТІЙКОСТІ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ У СИСТЕМАХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ 224

Микола ЯЦКОВ, Наталія КОРЧИК, Надія БУДЕНКОВА, Оксана МИСІНА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ РОЗЧИНІВ ТРАВЛЕННЯ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ОСАДУ ЗАДАНОГО СКЛАДУ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ 230

Секція № 3

СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Павло ДИБА, Олег АЛИМОВ, Віталій ПРИСЯЖНИЙ-ЖИЛКО, Лариса СИМОНОВА, Даниель БЕНАТОВ, Олена ДЕРЕВ'ЯНКО, Мар'яна СТОЛЯРЧУК, Геннадій СТОЛЯРЧУК ЩОДО ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНОЇ БЕЗПЕКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ НАДАННІ ДОПОМОГИ ПОТЕРПІЛИМ ВНАСЛІДОК ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ..... 236

Ірина ЄРМАКОВИЧ ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ..... 240

Олена ІВАНЕНКО, Оксана ТЕРЕЩЕНКО, Євген ПАНОВ ОЦІНКА РИЗИКІВ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ, ЩО МЕШКАЄ В ЗОНІ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ВІД ДІЮЧОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРГРАФІТ» В МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ..... 244

Олег МАШКОВ, Катерина МУХІНА, Тамара ОВОДЕНКО, Володимир ПРИСЯЖНИЙ ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ..... 250

Ірина ОНИЩУК, Ольга КИЧКИРУК, Анастасія МАЙБРОДСЬКА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ В МІСТАХ УКРАЇНИ..... 258

Вячеслав РАДОВЕНЧИК, Олена ІВАНЕНКО, Тамара КРИСЕНКО, Олена ГЛУШКО РОЗВИТОК СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В М. КИЄВІ 262

Олена СОРОЧИНСЬКА ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ..... 268

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

Дмитро СТЕФАНИШИН, Василь КОРБУТЯК, Даніель БЕНАТОВ, Дмитро КРЕТА, Олексій РОГОЖИН, Євгеній ЯКОВЛЄВ ДО ПИТАННЯ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ КАХОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА.....273

Віталіна ФЕДОНЮК, Микола ФЕДОНЮК, Арсен ТЕРЕЩУК ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ КОВЕЛЯ.....280

Надія ЦЮПА, Данило БЕНАТОВ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПІДРИВУ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС.....283

CONTENTS

Section № 1 GENERAL ECOLOGY

Olena KOSOBUTSKA, Yuliia CHESTNYKH, Ganna TROKHIMENKO EM TECHNOLOGIES AS A BIOLOGICAL MEANS OF WATER PURIFICATION AND SOIL QUALITY IMPROVEMENT	18
Tetiana KOSHLIAKOVA, Iryna KURAIIEVA, Valentyn VERKHOVTSEV, Yurii TYSHCHENKO, Olena DERIUHINA ENVIRONMENTAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCH OF THE BALAKHIV GRAPHITE DEPOSIT SOUTHERN SECTION	22
Nataliia KRYUCHENKO, Eduard ZHOVINSKYI, Petro PAPARYGA DISTRIBUTION OF FLUORINE IN THE "SOIL-PLANT" SYSTEM OF THE CARPATIAN BIOSPHERE RESERVE (tract Piddil)	28
Alla LEVISHKO, Iryna GUMENIUK ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOIL MICROBIOME IN THE KYIV REGION	33
Daria LUTSENKO PHYTOPLANKTON AS A BIOINDICATOR OF WATER QUALITY IN DIFFERENT TYPES OF HYDROECOSYSTEMS OF THE LOWER DANUBE	36
Oleksandr MUDRAK, Anna MAHDIICHUK SUCCESSIONS OF QUARRY-DUMP COMPLEXES AFTER THE CONDUCT OF THE STAGE OF MINE RECLAMATION	41
Anatolii ORLOVSKYI, Nazarii SUS, Viktoriya TSVIHUN, Iryna GUMENIUK CANDIDATUS PHYTOPLASMA ASTERIS AND METCALFA PRUINOSA (SAY, 1830): COMMON HOSTS	46
Valentyna PIDLISNYUK, Viktoriia TSYGANKOVA, Tatyana STEFANOVSKA, Artem MEDKOV, Stepan PILYO, Volodymyr BROVARETS USE OF CHARKOR AND KAMETHUR FOR IMPROVING GROWTH AND PHYTOREMEDIATION PROCESSES OF MISCANTHUS X GIGANTEUS ON SOILS CONTAMINATED WITH TRACE ELEMENTS	50
Lesya RATUSHNIUK, Tamara DUDAR LAND SURFACE TEMPERATURE AND FORESTED LAND COVERS: FASTIV REGION CASE STUDY.....	54
Nazarii SUS, Liliya JANSE, Anatolii ORLOVSKYI INSECT SPECIES (INCLUDING PESTS AND POTENTIAL VIRUS TRANSMITTERS) RECORDED FROM HOP (HUMULUS LUPULUS) IN UKRAINE: A CHECKLIST	58
Oleksandr TASHYREV, Vira HOVORUKHA, Olesia HAVRYLIUK, Galyna GLADKA, Iryna BIDA THERMODYNAMIC PROGNOSIS FOR THE CREATION OF UNIVERSAL BIOENERGY AND ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGIES	65

Larysa CHERNIAK, Tomasz MANIECKI, Radoslaw CIESIELSKI, Olexandr MIKHAYEV, Tetiana DMYTRUKHA IMPACT OF PETROLEUM PRODUCTS POLLUTION ON SOIL DEGRADATION	68
Yevheniia YUZUPKINA, Tetiana DONTSOVA SnO₂ AS A SENSITIVE LAYER IN GAS SENSORS FOR MEDICAL PURPOSES	72
Dmytro YAKOVENKO, Yaroslava BUKHONSKA, Vira BORODAI THE EFFECT OF AZOTOFIT, LIPOSAM AND ORGANIC BALANCE ON THE RELATIVE TURGENCY OF ZEA MAYS L. LEAF TISSUES.....	77

Section № 2 TECHNOECOLOGY

Kateryna BAIDUR, Anna STETSIUK, Nikita KOLOMATSKYI WATER PURIFICATION TECHNOLOGY USING MEMBRANE METHODS	82
Aliona VDOVYCHENKO PERIODIC SUPPLY OF CARBON DIOXIDE GAS FOR THE CULTIVATION OF MICROALGAE FOR ITS PROCESSING	88
Marta VOZNIUK, Tetyana SHABLIY, Mykola GOMELYA EFFICIENCY OF ELECTROFLOTATION APPLICATION FOR OILY WATER TREATMENT	91
Valeriy GAYEVSKII, Viktor FYLYPCHUK INFLUENCE OF THE EFFICIENCY OF WORKING OF CIRCULATING COOLING SYSTEMS OF THERMAL POWER PLANTS ON THE AMOUNT OF EMISSIONS OF SOLID PARTICLES.....	96
Mykhailo HALYSH, Iryna DEYKUN DETERMINATION OF FRACTIONAL COMPOSITION OF REED ORGANOSOLV CELLULOSE	100
Krasimir GEORGIEV MEASURED PERFORMANCE ANALYSIS OF A 5.04 KW GRID CONNECTED SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANT	104
Volodymyr GMYRIA, Yuriy SAMARTSEV AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING PET BOTTLE PRODUCTION PARAMETERS	110
Kateryna HORDIENKO, Iaroslav RADOVENCHYK USING SODIUM SILICATE IN WATER SOFTENING TECHNOLOGIES: ASSESSMENT OF EFFICIENCY	114
Yosyp HRYB, Serhii KOVALCHUK, Andrii KALKO ON THE ISSUE OF DETERMINING THE TOXICITY OF SURFACE WATERS	118
Kateryna DEINEKA, Ihor DEINEKA EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE ROTATIONAL MODE OF THE PROCESS OF GRINDING SOLID WASTE IN A DRUM MILL	122

Andriy DMYTRUK, Andrii STEPANIUK SIMULATION OF THE PROCESS OF CAPTURE OF HIGHLY DISPERSED PARTICLES	127
Olena IVANENKO, Andriy TRIPOLSKY, Danylo FATEEV IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING MOTOR FUEL FROM ORGANIC WASTE	130
Margarita KARPENKO, Vyacheslav RADOVENCHYK CHARACTERISTICS OF CARBON CARTRIDGES AND POSSIBILITIES OF THEIR RECYCLING	135
Mykola KOSMYNA, Yuliia NOSACHOVA RESEARCH OF WATER DEOXIDATION PROCESSES AT DIFFERENT TEMPERATURES AND USING HYDRAZINE REAGENT	139
Sofiia KOCHISH, Olena NOVYK THE IMPACT OF HYDRODYNAMIC PROCESSES ON ECOSYSTEMS IN THE CONTEXT OF HYDROPOWER PLANT OPERATION	143
Nataliia LATSYK, Ihor PETRUSHKA IMPROVING THE EFFICIENCY OF FINE CEMENT DUST CAPTURE USING A TWO-STAGE CLEANING SYSTEM	148
Maria MADANI ASSESSMENTS OF THE INFLUENCE OF DUST EMISSIONS IN THE PRODUCTION OF AERATED CONCRETE ON THE AIR QUALITY OF REGULATED TERRITORIES	154
Kira MALISHOK, Oksana PAVLENKO, Varvara SHCHYGOT, Olga KRUTOVA-ONYKYENKO INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING NITROCELLULOSE FROM SEAGRASS	159
Viktoriiia MASLIUK, Iaroslav RADOVENCHYK MODERN APPROACHES TO DRINKING WATER PREPARATION SCHEMES FOR THE POPULATION	164
Gytis MILIAUSKAS, Gintaras DENAFAS TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR THE SEPARATION OF MULTILAYER COMPOSITES	169
Vladyslava MISCHANCHUK, Maryna MECHYK, Oksana PAVLENKO STUDY OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF MEANS OF MASKING FROM NATURAL RAW MATERIALS	176
Yuliia MOLCHAN, Tetiana DONTSOVA POROUS AND TRANSPORT CHARACTERISTICS OF CERAMIC MEMBRANES BASED ON SIC	183
Vitalii NESIN, Serhii LAKHTADYR, Mykhailo MAIETNYI, Oleh KAHLYNSKII, Serhii DOSENKO, Oleksii KUZNIETSOV, Petro BILEVSKYI, Viktoriiia PAVLENKO LIMITATION OF WASTE METALS AND ALLOYS IN EXPERIMENTAL SMALL-SERIES DEVICE BUILDING	186
Yuliia NOSACHOVA, Valeriya VEMBER, Bohdan HAVRYLCHENKO EVALUATION OF THE PHYTOTOXIC EFFECT DURING CLEANING OF SOILS WITH CARBON SORBENTS	191

Marina SAKARA, Vladyslav IVANENKO, Viktor KURYLENKO, Olena JANUSHEVSKA, Tatiana DONTSOVA CATALYTIC CRACKING OF POLYSTYRENE ON ZEOLITE CATALYSTS	198
Nataliia SAMOILENKO, Zhongting XIE ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM COKE PRODUCTION IN CHINA.....	202
Olena SPASKA EVALUATION OF EVAPORATION FLUXES FOR LOW VOLATILE HAZARDOUS MATERIALS BASED ON EVAPORATION KINETICS OF NET LIQUIDS	205
Iryna TREMBUS, Anna HONDOVSKA UTILIZATION OF MODIFIER FOR ENHANCING THE MECHANICAL PROPERTIES OF CELLULOSE FIBERS	209
Vadym FEDIN, Inna TRUS, Mariia TVERDOKHLIB, Mykola GOMEIYA THE PROBLEM OF SCALE FORMATION IN INDUSTRIAL WATER COOLING SYSTEMS AND PREVENTION METHODS	215
Svitlana SHYKUNOVA, Vita HALYSH MEMBRANES FROM RENEWABLE MODIFIED RAW MATERIALS	221
Mykola YATSKOV, Nataliia KORCHYK, Volodymyr BESEDIUK, Zakhar MALETSKYI STUDY OF WHEY PROTEINS STABILITY FACTORS IN WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS OF DAIRY ENTERPRISES	224
Mykola YATSKOV, Nataliia KORCHYK, Nadiia BUDENKOVA, Oksana MYSINA DETERMINATION OF THE REGENERATION PARAMETERS OF DIGESTION SOLUTIONS WITH THE PURPOSE OF OBTAINING SEDIMENT OF A SPECIFIED COMPOSITION FOR DISPOSAL	230

Section № 3

SUSTAINABLE DEVELOPMENT STRATEGY IN THE CONTEXT OF ENVIRONMENTAL SAFETY

Pavlo DYBA, Oleh ALYMOV, Vitalii PRYSIAZHNYI-ZHYLKO, Larysa SYMONOVA, Daniel BENATOV, Olena DEREVYANKO, Mariana STOLIARCHUK, Hennadiy STOLYARCHUK ON THE ISSUES OF ENSURING THE PERSONAL SAFETY OF RESCUERS WHEN PROVIDING ASSISTANCE TO VICTIMS OF MAN-MADE DISASTERS DURING THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR.....	236
Iryna YERMAKOVYCH ECOLOGICAL ASPECTS OF WOOD WASTE GENERATION AT ENTERPRISES.....	240

Olena IVANENKO, Oksana TERESHCHENKO, Yevgen PANOV HEALTH RISK ASSESSMENT OF THE POPULATION LIVING IN THE AFFECTED AREA EMISSIONS OF POLLUTANTS INTO THE AIR FROM THE OPERATING ENTERPRISE "UKRGRAFIT" IN THE CITY OF ZAPORIZHIA	244
Oleg MASHKOV, Kateryna MUKHINA, Tamara OVODENKO, Volodymyr PRYSIAZHNYI FEATURES OF CREATING AN INTELLIGENT SUPPORT SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL DECISIONS.....	250
Iryna ONYSHCHUK, Olga KYCHKYRUK, Anastasiia MAIBRODSKA ANALYSIS OF THE PROBLEM OF SOLID WASTE DISPOSAL IN CITIES OF UKRAINE.....	258
Vyacheslav RADOVENCHYK, Olena IVANENKO, Tamara KRYSENKO, Olena HLUSHKO DEVELOPMENT OF AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS IN KYIV	262
Olena SOROCHYNSKA ENVIRONMENTAL RISKS AND MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ACTIVITIES AT ENTERPRISES IN THE TRANSPORT INDUSTRY.....	268
Dmytro STEFANYSHYN, Vasyl KORBUTIAK, Daniel BENATOV, Dmytro KRETA, Oleksii ROGOZHYN, Yevhenii YAKOVLIEV TO THE ISSUE OF THE POST-WAR RESTORATION OF THE KAKHOVKA HYDRO UNIT.....	273
Vitalina FEDONIUK, Mykola FEDONIUK, Arsen TERESHCHUK EVALUATION OF THE PARAMETERS OF THE ECOLOGICAL STATE OF KOVEL	280
Nadiia TSIUPA, Daniel BENATOV ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF THE KAKHOVKA HYDROELECTRIC POWER STATION DAM BLOWING UP.....	283

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Секція № 1

GENERAL ECOLOGY

Section № 1



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304117>

ЕМ-ТЕХНОЛОГІЙ ЯК БІОЛОГІЧНИЙ ЗАСІБ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ТА ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТУ

Олена КОСОБУЦЬКА, Юлія ЧЕСТНИХ, Ганна ТРОХИМЕНКО

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

пр. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007, Україна

e-mail: olena.kosobutska@nuos.edu.ua

Анотація

Досліджено існуючі на ринку України препарати на основі ЕМ-технологій, що використовуються як у процесах водоочищення, так і з метою оздоровлення ґрунту. Проведено аналіз ефективності застосування препарату «Байкал ЕМ-1» для очистки стічних вод.

Ключові слова: ЕМ-технології, ЕМ-препарати, очистка стічних вод, корисні мікроорганізми, мікробіологічні препарати.

На сьогоднішній день гостро стоїть питання забруднення водних та земельних ресурсів. Здебільшого причиною забруднення водойм є часткове відведення стічних вод міст без належного очищення. Як зазначається у роботі [1], близько 15 % відсотків стічних вод взагалі не піддаються очищенню. Одним з актуальних варіантів вирішення даної проблеми є очищення стічних вод із застосуванням ЕМ-технологій.

За останні 30 років у різних країнах світу виникли й успішно розвиваються цілі галузі промислового виробництва мікробіологічних препаратів для сільського господарства. Науково-технічні досягнення у галузі виробництва мікробних препаратів характеризуються розширенням їхнього асортименту. Ці препарати засновані і розроблені у 1970-х роках Теруо Хіга, японським садівником і науковцем. ЕМ-препаратами називають мікробні інокулянти, які містять широкий спектр корисних і непатогенних аеробних та анаеробних мікроорганізмів. Вони охоплюють такі великі групи мікроорганізмів як фотосинтезуючі бактерії, молочнокислі бактерії, дріжджі, актиноміцети та інші мікроорганізми, які зазвичай, доступні у вигляді рідкої суспензії, отриманої в результаті природного процесу ферментації [2,3].

ЕМ-препарати дають значний позитивний ефект у плодівництві, птахівництві, тваринництві, приготуванні кормів, а особливо для рекультивації земель. Саме ґрунтовий покрив найбільше піддається негативному впливу у зв'язку з інтенсифікацією сільського господарства – безконтрольним використанням хімічних речовин.

Уже понад тридцятирічний досвід застосування у різних країнах світу препарату ЕМ-1 (а їх кількість уже налічує більше, ніж 160), свідчить про те, що рекультивація, а саме підвищення врожайності ґрунту навіть із найбільш несприятливим складом, за правильного використання ЕМ-технологій можна відродити за 4–5 років [4,5,6]. В Україні найбільш популярними ЕМ-препаратами є «Байкал ЕМ-1», «Сяйво», «ЕМ-бокаші», а також препарат «Граундфікс» – розробка мікробіологів української компанії БТУ-ЦЕНТР.

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Під час польових досліджень в умовах виробництва встановлено, що такий препарат як Граундфікс поліпшує живлення рослин на усіх етапах їхнього росту і розвитку завдяки трансформуванню міцно зв'язаних форм фосфору, калію у доступні рослинам форми та фіксації молекулярного азоту атмосфери. Мікроорганізми, які були включені у даний препарат, мали позитивний вплив, що підтверджується тенденцією до збільшення ступеня рухомості калію. Встановлено, що внесення препарату Граундфікс сприяло покращенню режиму живлення. Це, у свою чергу, забезпечило зростання врожаю на 15,8 %. У підсумку приріст урожаю до контролю при цьому становив:

- 1) у посівах соняшнику – 19,1 %;
- 2) у посівах ріпаку озимого – 15,8 %.

Підвищення ефективності дії препарату Граундфікс в агроценозах можна досягти за умови внесення органічних та мінеральних добрив, дозволених в органічному землеробстві [7,8].

ЕМ-технології, або ефективні мікроорганізми, також представляють інноваційний підхід до очищення води. Цей метод ґрунтується на використанні корисних мікроорганізмів, таких як мікроби, бактерії та гриби, з метою покращення якості води шляхом видалення забруднень та відновлення екологічної рівноваги. Вони сприяють розкладанню органічних забруднень, нейтралізують токсини, підвищують рівень кисню, зменшують запах та колір води, а також сприяють збільшенню біорізноманіття у водному середовищі, оскільки вони створюють сприятливі умови для зростання корисних мікроорганізмів, які є важливою ланкою у харчових ланцюгах та екосистемних процесах [9,10].

Ці технології застосовується здебільшого в Японії. За допомогою таких препаратів у Джеферсон-Сіті штату Міссурі, США, японська ЕМ-технологія дозволила значно скоротити вміст аміаку у стічних водах.

Ефективність застосування ЕМ-технологій перевірялася неодноразово. Так, у роботі [11,12] автор зазначає, що за допомогою мікробіологічних препаратів не було досягнуто максимальної очистки комунальних стічних вод. Проте ними було доведено, що їх можна застосовувати для зниження вмісту азоту амонійного до рівня нормативних вимог.

Проводилися дослідження дії концентрату «Байкал ЕМ-1» на очищення стічних вод. Результати вказані в таблиці 1.

Таблиця 1. – Усереднені результати дослідження використання мікробіологічного препарату «Байкал ЕМ-1» для очистки стічних вод

Показники (мг/дм ³)	Початкові показники (стічні води)	ЕМ-Байкал та стічні води в концентрації 1:1000	Допустимі величини показників якості води водойм
Азот амонійний	52,23	35,26	2,0
Азот нітритний	0,028	0,028	3,3
Азот нітратний	1,15	0,718	45,0
Фосфати	22,67	18,02	3,5
Залізо	0,848	0,670	0,3
Органолептичні показники (запах)	Гострий неприємний	Легкий неприємний	Не регламентований

Згідно з таблицею 1.1, препарат «Байкал ЕМ-1» допоміг знизити вміст іонів амонію. Відбулося незначне зниження фосфору та очистка заліза відбулась за рахунок його осадження і зв'язування.

У процесі досліджено було показано, що очищення стічної води тільки за допомогою мікробіологічних препаратів неможливе.

Таким чином, ЕМ-технології мають широке застосування як у водоочищенні, так і у стимуляції біологічного розкладання та поліпшенню родючості ґрунту у сільському господарстві. ЕМ-препарати використовуються як допоміжний препарат для очищення побутових стічних вод, промислових, сільськогосподарських. Також можуть посилити процеси біорозкладання забруднюючих речовин у воді акваріумів, ставків, закритих водойм.

Література

1. Яковлева А. В., Селіверстов М. О. Застосування ЕМ-технології для очистки міських стічних вод від біологічних забрудників. Екологічна безпека держави: тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. м. Київ, 19–21 квітня 2011 р., Національний авіаційний університет / редкол. О. І. Запорожець та ін. – Київ : НАУ, 2011, С. 84–85.
2. Зеленьяньска Н. М., Бах Н. К. Вплив ЕМ-препаратів на розвиток кореневої системи щеплених саджанців винограду. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 102. С. 26–33.
3. Higa, T. Effective micro-organisms - a new dimension for nature farming. In: Parr J.F., Hornick S.B., Simpson M.E. (Eds) Proceedings of the 2nd International Nature Farming Conf., USDA, Washington DC, USA, 2004 – pp. 20–22.
4. Хіга Т., Джеймс Ф. Парр. Корисні та ефективні мікроорганізми для ведення сталого сільського господарства та відновлення довкілля. Львів : ЕкоТерра, 2006. 20 с.
5. Alternative agriculture / Committee on the Role of Alternative Farming Methods in Modern Production Agricultural, Board on Agricultural, national Research Council. – Washington.: National Academy Press, 1988. – 486 p.
6. Higa T. An Earth Saving Revolution. – Tokyo, Japan.: Sunmark Publishing Inc., 1999. 354 p.
7. Корсун С. Г., Шморгун О. В., Дацько А. О., Зміна поживного режиму ґрунту під впливом застосування біологічного препарату «Граундфікс» в агроценозах лісостепу. Київ : АгроТерра 1–2(7). 2019. С. 14–18.
8. Трохименко Г. Г., Кособуцька О. О., Літвак О. А., Благодатний В. В. Аналіз можливості підвищення урожайності сільськогосподарських культур на основі використання мікробних біоценозів *Екологічні науки*. № 3(48). С.182–189.
9. Paweł Tomczyk, Paweł Stanisław Wierzchowski, Jakub Dobrzyński Iryna Kulkova, Barbara Wróbel, Mirosław Wiatkowski, Alban Kuriqi, Witold Skorulski, Tomasz Kabat, Mirosław Prycik Łukasz Gruss, Jarosław Drobnik. Effective microorganism water treatment method for rapid eutrophic reservoir restoration. *Environmental Science and Pollution Research* (2024).
10. Lüring M, Mucci M (2020) Mitigating eutrophication nuisance: in-lake measures are becoming inevitable in eutrophic waters in the Netherlands. *Hydrobiologia* 847 (21).
11. Баран, А. С. Оцінка використання мікробіологічних препаратів із способами активації, рекомендованими виробниками, як універсальні для очистки комунальних стічних вод. *Екологічні науки* № 12–13, 2015, С. 159–164.
12. Трохименко Г. Г., Магась Н. І., Ахмедова В. Р. Застосування ЕМ-препаратів як одного з можливих методів доочищення стічних вод підприємства пивоваріння від нітратів. *Екологічні науки*. 2018. № 1(20). Том. 1. С. 66–70.

**EM TECHNOLOGIES AS A BIOLOGICAL MEANS OF WATER PURIFICATION
AND SOIL QUALITY IMPROVEMENT**

Olena KOSOBUTSKA

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-8489-4203>

Yuliia CHESTNYKH

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0006-6732-6592>

Ganna TROKHIMENKO

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0835-3551>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304117>

Keywords: *EM technologies, EM preparations, wastewater treatment, beneficial microorganisms, microbiological preparations.*

Abstract

The article examines the preparations based on EM technologies available on the Ukrainian market, which are used both in water purification and soil rehabilitation processes. An analysis of the effectiveness of the Baikal EM-1 preparation for wastewater treatment was carried out.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.302003>

ЕКОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІВДЕННОЇ ДІЛЯНКИ БАЛАХІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАФІТУ

Тетяна КОШЛЯКОВА¹, Ірина КУРАЄВА¹, Валентин ВЕРХОВЦЕВ²,
Юрій ТИЩЕНКО², Олена ДЕРЮГІНА¹

¹Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
пр. Акад. Палладіна, 34, Київ-142, 03142, Україна

²Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України
пр-т Академіка Палладіна, 34а, Київ-142, 03142, Україна

e-mail: tatianakoshliakova@gmail.com

Анотація

В роботі представлені результати моніторингових досліджень, спрямованих на встановлення фонових показників (базового стану) якості поверхневих та підземних вод Південної ділянки Балахівського родовища графіту. Натурні вишукування включали відбір зразків води з колодязів та поверхневих водотоків і водойм. Актуальність проведених досліджень полягає в необхідності встановлення фонових значень основних показників хімічного складу природних вод на території потенційного впливу гірничих підприємств. З отриманих результатів проб води можна констатувати, що якість води в цілому гірша у досліджених свердловинах в с. Олександрівка, с. Пустельникове, смт Балахівка та с. Новий Стародуб, ніж у р. Інгулець і р. Вівнянка й, навіть, у більшості водойм – як в кар'єрних озерах, так і ставках-запрудях. Зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій у поверхневих та підземних водах за такими показниками як Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ та Mn^{2+} . Оцінка якості показала, що обстежені природні води за блоком загальносанітарних показників можна охарактеризувати як «добрі», чисті води прийнятної якості. Встановлена подібність досліджених вод за катіонним складом, натомість у аніонному складі є відмінності: у поверхневих водах переважає гідрокарбонат, у підземних водах – сульфат-іон. У подальшому необхідно проводити моніторингові спостереження за змінами хімічного складу поверхневих та підземних вод Південної ділянки Балахівського родовища графіту при роботі гірничо-видобувного підприємства.

Ключові слова: підземні води, поверхневі води, гідрохімічні дослідження, хімічний склад, родовище графіту.

Встановлення базового екологічного стану ключових компонентів навколишнього середовища у зоні впливу гірничих підприємств є вкрай важливим науковим завданням. Графітова продукція підприємств України за якістю відповідає світовому стандарту і експортується в інші країни. Саме тому розробка графітової сировини дає можливість забезпечити економічну стабільність держави. У той же час при розробці корисних копалин може погіршуватися екологічний стан навколишнього середовища. Особливо вразливими є водні ресурси – поверхневі водотоки і водойми, а також підземні води. Як відомо, наразі переважає більшість водоспоживачів України для забезпечення господарсько-питних потреб

використовує поверхневі джерела. Населення 40 % території нашої держави споживає воду, яка не відповідає вимогам вітчизняних нормативних документів. За даними ООН, станом на 2022 рік за якістю питної води Україна займає 66 рядок в рейтингу із 180 країн світу. При цьому щорічно в басейни українських річок скидається близько 9,6 млрд м³ недостатньо очищених стічних вод, з них 2,9–4,0 млрд м³ мають перевищення допустимих концентрацій токсичних сполук у своєму складі. Варто відмітити, що левова частина цих стоків належить підприємствам гірничо-металургійної галузі [1].

Моніторингові польові дослідження проводилися співробітниками Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» восени 2022 р., взимку 2022-2023 рр, навесні та влітку 2023 р. [2]. Під час польових обстежень відбиралися і аналізувалися проби води з поверхневих (річки) і підземних (колодязі) джерел. Для натурних гідрохімічних вимірювань проб води використовувалися портативні прилади: рН-метр Hach SensIon-3, кондуктометр Hach SensIon-5 і оксиметр Hach SensIon-6. Визначено вміст макро- і мікрокомпонентів у пробах води. Всі показники вимірювались за діючими міжнародними стандартами (ISO). Кислотність, загальну жорсткість (вмісти кальцію і магнію), вміст хлоридів визначено титруванням, решту показників спектрофотометром DR 2800 Hach Lange. Вміст натрію та калію (Na⁺ + K⁺) встановлено розрахунком, враховуючи молярні співвідношення катіонів і аніонів. Для лужності (гідрокарбонати), твердості (кальцій і магній), сульфатів, хлоридів, сполук азоту і фосфору відносна похибка δ становить 15-20 %, для решти показників 10-15 %. Мікроелементний аналіз зразків води було здійснено за допомогою методу мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) на мас-спектрометрі з подвійним фокусуванням іонного променя «ELEMENT-2» фірми «Thermo Scientific» (корпорація Thermo Electron GmbH (Бремен)), що функціонує на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

В адміністративному відношенні Південна ділянка Балахівського родовища графіту (місце реалізації планованої діяльності) розташована в Олександрійському районі Кіровоградської області, поблизу с. Балахівка – на території Балахівської селищної ради. З точки зору гідрогеологічного районування територія належить до водоносної системи Українського щита. В межах досліджуваної території поширені три водоносні горизонти, які перебувають у тісному гідродинамічному зв'язку між собою: водоносний горизонт у відкладах четвертинної системи (Q), водоносний горизонт у відкладах сарматського регіоярису верхнього міоцену (Nis), водоносний горизонт у зоні тріщинуватості кристалічних порід і їх кори вивітрювання (PRi). Живлення підземних водоносних горизонтів відбувається шляхом інфільтрації опадів осадовими горизонтами. Розвантаження відбувається в гідромережу – р. Інгулець і його притоки, густу яружно-балкову мережу з тимчасовими водотоками, але, очевидно, за обсягом найбільше – у численні штучні водойми (кар'єрні ставки та запруды), зокрема – у відпрацьований і затоплений Балахівський кар'єр, де до 2004 р. видобувалося буре вугілля.

Гідрогеологічні умови території сприятливі для відкритої розробки родовищ корисних копалин, зокрема – графіту. Безпосередньо в межах ліцензійної площі Південної ділянки Балахівського родовища графіту виділені два водоносних горизонти, які є потенційним джерелом водоприпливу до кар'єру: ненапірний в неогенових пісках та напірний в тріщинуватій зоні кристалічних порід (величина напору до 20 м).

Для уточнення раніше отриманої інформації про еколого-геологічні та гідрохімічні показники навколишнього середовища на території планованої діяльності і поблизу неї, у період з осені 2022 року до літа 2023 року було проведено комплекс польових натурних вишукувань для визначення фонових показників (базового стану) якості довкілля.

На попередньому етапі дослідження автори дослідили загальний хімічний склад досліджуваних вод та виконали порівняльний аналіз. З метою візуалізації загального хімічного складу досліджуваних вод було побудовано діаграму Пайпера (рис. 1) та складено формулу Курлова (табл. 1).

Таблиця 1. Формула Курлова, складена для досліджуваних вод

Поверхневі води	Підземні води
$1,5 \frac{HCO_3^{2-} 38,5 SO_4^{2-} 37 Cl^{-} 24,5}{(Na^{+} + K^{+}) 46,7 Ca^{2+} 27,3 Mg^{2+} 26} pH 8,1$	$1,2 \frac{SO_4^{2-} 41,4 HCO_3^{2-} 38,3 Cl^{-} 20,3}{(Na^{+} + K^{+}) 38 Ca^{2+} 35 Mg^{2+} 27} pH 7,5$

Було встановлено, що за своїм хімічним складом поверхневі води є сульфатно-гідрокарбонатними магнієво-кальцієво-натрій-калієвими, підземні – гідрокарбонатно-сульфатними магнієво-кальцієво-натрій-калієвими. Таким чином, спостерігається подібність за катіонним складом, натомість за співвідношення аніонів води відрізняються. У поверхневих водах переважає гідрокарбонат, у підземних – сульфат-іон.

За нормативними документами у поверхневих водах зафіксоване перевищення допустимих значень за Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^{+} та K^{+} , у підземних – за Ca^{2+} , SO_4^{2-} , мінералізацією, Na^{+} та K^{+} .

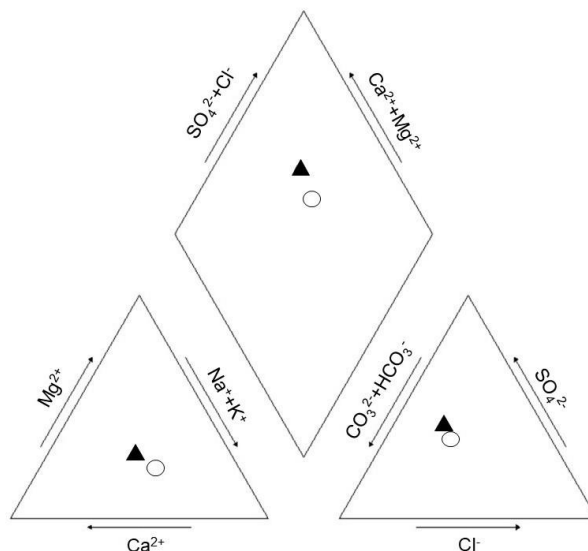


Рис. 2. Діаграма Пайпера, що відображає макрокомпонентний склад досліджуваних вод:
○ – поверхневі води, ▲ – підземні води.

За ДСТУ 4808:2007 була оцінена якість досліджених вод. За блоком загальносанітарних хімічних показників поверхневі води за середніми значеннями блокового індексу ($I_{II\text{ сер.}}=2,1$, клас 2, підклас 2) можна охарактеризувати як «добрі», чисті води прийнятної якості.

Відповідно, підземні води за середніми значеннями блокового індексу ($I_{II\text{ сер.}}=2,3$, клас 2, підклас 2) так само можна охарактеризувати як «добрі», чисті води прийнятної якості.

На наступному етапі дослідження авторами було вивчено мікроелементний склад зразків досліджуваних підземних вод. Загалом було проаналізовано 9 мікроелементів (табл. 2). Вибір даних хімічних елементів обумовлений тим, що Всесвітньою організацією охорони здоров'я для них встановлена біологічна роль. Це дає змогу оцінити підземні води з точки зору потенційних ризиків для здоров'я населення, що їх споживають. Для еколого-геохімічної

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

оцінки якості досліджених підземних вод було застосовано критерій біологічно значимої концентрації (БЗК) [3]. За відповідною методикою було розраховано біологічно значимі концентрації цих елементів.

Було з'ясовано, що для обстежених поверхневих та підземних вод за ГДК перевищень не фіксується. Натомість для підземних вод концентрація мангану знаходиться на межі допустимого значення. Що стосується біологічно значимих концентрацій, то в обстежених підземних водах зафіксована нестача таких елементів як V^{2+} , Cr^{2-} , Co^{-} , Ni^{2+} , Cu^{+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} та Pb^{2+} .

Таким чином, у результаті проведених моніторингових досліджень були отримані наступні результати:

- Поверхневі та підземні води Балахівської ділянки мають переважно високу мінералізацію, що відповідає регіональним даним.
- В досліджених водах домінують сульфати або гідрокарбонати.
- За катіонним складом води є переважно кальцієво-натрієві чи магнієво-натрієві.
- За блоком загальносанітарних хімічних показників поверхневі та підземні води характеризуються як «добрі», чисті води прийнятної якості.

Таблиця 2. Мікроелементний склад зразків досліджуваних вод.

Мікро-елемент, мг/дм ³	Поверхневі води	Підземні води	БЗК*	ГДК за**	ГДК за ВООЗ
V^{2+}	0,002394	0,0019	0,025	0,1	не нормується
Cr^{2-}	0,0004315	0,000152	0,00175	0,5	0,05
Mn^{2+}	0,034549	0,083247	0,05	0,1	0,08
Co^{-}	0,000189	0,000131	0,0075	0,1	не нормується
Ni^{2+}	0,002067	0,000351	0,0075	0,1	0,07
Cu^{+}	0,001447	0,000849	0,025	1	2
Zn^{2+}	0,009122	0,00728	0,3	1	3
Cd^{2+}	0,000456	0,000439	0,0025	0,001	0,003
Pb^{2+}	0,000193	0,000048	0,01	0,03	0,01

Примітки:

*БЗК – біологічно значима концентрація

** Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (2022 р.)

Якість води в р. Інгулець на момент відбору проб незадовільна за вмістом нітратів і близька до незадовільної за вмістом кисню і його хімічним споживанням. Важливо відмітити, що на обстеженій ділянці вниз за течією якість води не зазнає суттєвих змін, що дозволяє констатувати, що забруднення річки відбувається вище с. Новий Стародуб і води, які надходять сюди, уже мають у своєму складі шкідливі домішки і є досить мінералізованими, а місцеві скиди на якість води в Інгульці помітно не впливають.

З отриманих результатів проб води можна констатувати, що якість води в цілому гірша у досліджених свердловинах в с. Олександрівка, с. Пустельникове, смт Балахівка та с. Новий Стародуб, ніж у р. Інгулець і р. Вівнянка й, навіть, у більшості водойм – як в кар'єрних озерах, так і ставках-запрудах.

За нормативними документами у поверхневих водах зафіксоване перевищення допустимих значень за Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^+ та K^+ , у підземних – за Ca^{2+} , SO_4^{2-} , мінералізацією, Na^+ , K^+ та Mn^{2+} . За величиною БЗК зафіксовано нестачу у підземних водах таких елементів як V^{2+} , Cr^{2-} , Co^- , Ni^{2+} , Cu^+ , Zn^{2+} , Cd^{2+} та Pb^{2+} . Варто зауважити, що основні гідрохімічні показники, такі як мінералізація, лужність, жорсткість, вміст головних іонів – аніонів (сульфатів, гідрокарбонатів, хлоридів) та катіонів (кальцію, магнію, натрію та калію), мають природне походження і не належать до забруднюючих речовин; їх кількісні параметри визначаються геохімічними особливостями місцевості та геологічними умовами залягання водоносних горизонтів.

Для подальших досліджень стану та якості підземних вод на території потенційного впливу підприємства з видобування графіту на Балахівському родовищі, яке планується створити, необхідне улаштування спостережних свердловин на щонайменше два водоносні горизонти за межами населених пунктів на ліцензійній площі, або у місцях наближених до неї.

Проведені еколого-гідрохімічні дослідження дали змогу встановити фонові показники базового стану якості довкілля обстеженої території. Також у подальшому необхідно проводити спостереження за змінами хімічного складу поверхневих та підземних вод Південної ділянки Балахівського родовища графіту при безпосередній роботі гірничо-видобувного підприємства.

Література

1. Кошлякова, Т.О.; Верховцев, В.Г.; Луньов, Є.С.; Тищенко, Ю.Є.; Шкапенко, В.В. Особливості хімічного складу ґрунтових вод Саксагансько-Сурського рудного району Дніпропетровської області. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки* **2023**, 28(2(43)), 168–183. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.2\(43\).292746](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.2(43).292746).
2. Верховцев, В.Г.; Тищенко, Ю.Є. Проведення посезонних комплексних екологічних досліджень у зоні планованого розташування підприємства з видобування, перероблення та збагачення корисних копалин Південної ділянки Балахівського родовища графіту в Олександрійському районі Кіровоградської області. *Звіт про виконання науково-дослідних робіт* **2023**, 1. 251.
3. Злобіна, К.С. Геохімія питних артезіанських вод бортової частини Дніпровського артезіанського басейну (на прикладі м. Київ): автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.02 «Геохімія». НАН України. *Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка* **2013**. 20.

**ENVIRONMENTAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCH OF THE BALAKHIV
GRAPHITE DEPOSIT SOUTHERN SECTION**

Tetiana KOSHLIAKOVA

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8551-3531>

Iryna KURAIEVA

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3113-7782>

Valentyn VERKHOVTSEV

The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-1015-6725>

Yurii TYSHCHENKO

The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0413-241X>

Olena DERIUHINA

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-0220-635X>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.302003>

Keywords: *underground water, surface water,, hydrochemical investigations, chemical composition, graphite deposit.*

Abstract

The publication contains the results of monitoring studies aimed at establishing background indicators (base state) of the quality of surface and underground waters of the Southern section of the Balakhiv graphite deposit. On-site searches included water sampling from wells and surface watercourses and reservoirs. The relevance of the conducted research lies in the need to establish the background values of the main indicators of the chemical composition of natural waters in the territory of the potential influence of mining enterprises. From the obtained results of water samples, it can be stated that the quality of water in general is worse in the studied wells in the village. Oleksandrivka, village Pustelnikove, village of Balakhivka and village Novy Starodub than in the Ingulets River and the Vivnyanka River and, even, in most water bodies – both in quarry lakes and ponds-dams. Exceeding the maximum allowable concentrations in surface and underground waters for such indicators as Ca, Mg, SO₄, Na, K and Mn was recorded. The quality assessment showed that the tested natural waters can be characterized as "good", clean waters of acceptable quality according to the block of general sanitary indicators. The similarity of the studied waters in terms of cationic composition was established, but there are differences in the anionic composition: hydrocarbonate prevails in surface waters, and sulfate ion in underground waters. In the future, it is necessary to conduct monitoring observations of changes in the chemical composition of surface and underground waters of the Southern section of the Balakhiv graphite deposit during the operation of the mining enterprise.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304399>

РОЗПОДІЛ ФТОРУ У СИСТЕМІ «ГРУНТ-РОСЛИНА» КАРПАТСЬКОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА (УРОЧИЩЕ ПІДДІЛ)

Наталія КРЮЧЕНКО¹, Едуард ЖОВИНСЬКИЙ¹, Петро ПАПАРИГА²

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
просп. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03142, Україна

² Карпатський біосферний заповідник
Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України,
вул. Красне Плесо, 77, м. Рахів, 90600, Україна

e-mail: nataliya.kryuchenko@gmail.com

Анотація

Представлено результати власних досліджень вмісту водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності урочища Підділ (Карпатський біосферний заповідник). Встановлено розподіл фтору у системі «ґрунт-рослина» (за коефіцієнтом біологічного поглинання, A_x) дев'яти видів рослин: хвойні вічнозелені (шпильки та гілки) – тис ягідний (*Taxus baccata* L.) (A_x 15,5), туя (*Thuja*) (A_x 5), ялиця біла (*Abies alba*) (A_x 5); родини березових (гілки та листки) – ліщина (*Corylus avellana* L.) (A_x 6,1), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) P. Gaertn) (A_x 2,8); трави (листки та квіти) – буквиця (*Betonica officinalis* L.) (A_x 4,6), волошка (*Centaurea*) (A_x 6), жовтоділля (*Senecio*, L.) (A_x 4,6), таволга (*Filipendula ulmaria*) (A_x 3,9). Визначено, що концентратом фтору є шпильки та гілки тиса ягідного (*Taxus baccata* L.).

Ключові слова: фтор, ґрунт, рослини, коефіцієнт біологічного поглинання, Карпатський біосферний заповідник.

Загальна концепція сталого розвитку щодо необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі, включає необхідність моніторингових досліджень заповідних зон. Саме в межах заповідних зон є можливість проводити системний підхід до визначення рівноваги хімічних елементів в системі «ґрунт-рослина», що дозволить швидко моделювати різні варіанти напрямків розвитку, прогнозувати їх результати та вибрати найбільш оптимальний для усунення негативних умов. Навіть невелика кількісна зміна у хімічному складі ґрунту чи рослин свідчить про порушення балансу у природному середовищі і необхідності прийняття рішень, щодо збереження біорізноманіття території [1].

Зважаючи, що фтор є індикатором техногенної діяльності, отримані дані фонового вмісту в різних типах ґрунтів і рослинності стануть основою для подальших еколого-геохімічних моніторингових досліджень.

Головна мета роботи полягала в отриманні даних про вміст водорозчинного фтору у ґрунтах і рослинах урочища Підділі Карпатського біосферного заповідника (КБЗ), дослідження ступеня його накопичення в системі «ґрунт-рослина».

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше встановлено вміст водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності КБЗ.

Матеріали та методи дослідження. У ході досліджень використано результати власних польових (2023 рік) і аналітичних досліджень ґрунтів (0-10 см) та рослинності урочища Підділ (КБЗ). Урочище Підділ знаходиться у східній частині схилу гори Рахівська (1159 м), у верхній частині дендропарку центральної садиби КБЗ, на відстані 200–230 м західніше від правого берега річки Тиса та автодороги Мукачєво – Рогатин. Досліджували наземні частини 9 видів рослин (всього 45 проб): хвойні вічнозелені (шпильки та гілки): тис ягідний (*Taxus baccata L.*), туя (*Thuja*), ялиця біла (*Abies alba*) родини березових (гілки і листки) – ліщина (*Corylus avellana L.*), вільха чорна (*Alnus glutinosa (L.) P. Gaertn.*); трави (листки і квіти) – буквиця (*Betonica officinalis L.*), волошка (*Centaurea*), жовтоділля (*Senecio, L.*), таволга (*Filipendula ulmaria*).

Визначення фтору. Пробопідготовка – озолення змоченої розчином NaOH наважки подрібненої проби в скловуглецевому тиглі в муфельній печі при $t\ 550^{\circ}\text{C}$. Вимірювання – після вилуговування гарячою водою та випарювання із карбонатом амонію, фотометричним методом з алізаринкомплексом та нітратом лантану. Вміст фтору надано – на суху речовину. Виміри проведено сертифікованою Центральною лабораторією Державного підприємства Українська геологічна компанія. Для характеристики біогенної міграції важких металів і біогеохімічних особливостей рослин розраховано коефіцієнт біологічного поглинання A_x ($A_x=l/n$), що дорівнює відношенню вмісту елемента в золі рослин (l) до вмісту цього ж елемента в ґрунтах (n). Статистичні дані розраховано програмою Statistica.

Природні умови території досліджень. У геологічній будові території досліджень переважає крейдово-палеогеновий фліш, трапляються виходи юрських вапняків, палеозойських кристалічних сланців. Неогенові вулканогенні утворення представлені андезитами, базальтами та їхніми туфами [2]. Ґрунтоутворення відбувається переважно за буроземним типом. Гірсько-лісові бурі ґрунти мають характерне забарвлення, завдяки наявності водонепроникних сполук заліза, які осідають на поверхні мінеральних частинок ґрунту. Серед бурих ґрунтів території досліджень переважають суглинисті різновидності. Легкосуглинисті різновидності трапляються на всіх висотних рівнях, де ґрунтовірними породами є пісковики.

Результати та обговорення. Концентрація фтору в рослині залежить від трьох процесів – поглинання, розподілу та виведення. Рослини КБЗ перебувають в умовах майже чистого складу атмосферного повітря, тому накопичення ними залежить від вмісту його рухомих сполук у ґрунті та їх індивідуальних особливостей.

Для визначення ступеня поглинання фтору з ґрунтів нами було обрано урочище Підділ на висоті 396 м над рівнем моря (Мармароський масив), крутизна схилу $8\text{--}10^{\circ}$, тип ґрунту – бурий легкосуглинковий дерново-підзолистий (рН 5,4–5,9). Вміст водорозчинного фтору у ґрунтах ділянки – 1,2–1,6 мг/кг.

Хвойні вічнозелені дерева. Тис ягідний (*Taxus baccata L.*). Листки (хвоя) завдовжки до 30–50 мм, завширшки 2,5 мм, зверху темно-зелені, блискучі, знизу світло-матові, без білих прожилок, м'які, кінці загострені. Вміст фтору у шпильках та гілках становить 16–23 мг/кг (середній – 21,9 мг/кг).

Туя (*Thuja*). Дерево висотою до 20 м або кущ з пірамідальною кроною в молодості і короткими горизонтальними гілками, пізніше крона набуває яйцеподібної форми. У молодих рослин листя м'яке голчасте, у дорослих – лускоподібне, навхрест супротивне. Вміст фтору у шпильках та гілках становить 7–10 мг/кг (середній – 8 мг/кг).

Ялиця біла (*Abies alba*). Дерево заввишки 25–40(60) м. Стовбур циліндричний з тонкою, темно-сірою, дещо лускатою корою. Пагони довгі, гладенькі, сірі з дворядно розміщеною хвоєю. Хвоя плоска (20–30 мм завдовжки, 1,5–1,8 мм завширшки), тупа, з двома білими

смугами зісподу, тримається протягом 3–5 років. Вміст фтору у шпильках та гілках становить 7,5–10 мг/кг (середній – 8,1 мг/кг).

Листяні дерева сімейства березових. Ліщина звичайна (*Corylus avellana L.*). Кора — темно-сіра з характерними сочевичками. Листки — чергові, оберненояйцеподібні, широкі (7–16 см завдовжки та 4–8 см завширшки), при основі скошеносерцеподібні, нерівномірно зубчасті, на коротких черешках. Вміст фтору у гілках та листках становить 7,8–11,2 мг/кг (середній – 8,6 мг/кг).

Вільха чорна (*Alnus glutinosa (L.) P. Gaertn.*). Дерево до 35 м заввишки, з темно-бурою тріщинуватою корою. Гілки дугоподібно розходяться в різні боки, утворюючи оберненоконусоподібну крону. Листки — чергові, оберненояйцеподібні, широкі (7–16 см завдовжки і 4–8 см завширшки), при основі скошеносерцеподібні, нерівномірно зубчасті, на коротких черешках. Вміст фтору у гілках та листках становить 2,7–4,5 мг/кг (середній – 3,9 мг/кг).

Трав'янисті рослини. Буквиця лікарська (*Betonica officinalis L.*) — багаторічна трав'яниста рослина висотою 30–60 см з коротким кореневищем, яке щороку дає пучок листків з довгими черешками. Стебла висхідні, прямостоячі, малорозгалужені, чотиригранні. Листки великі, яйцеподібно-видовжені, по краю зарубчасті. Вміст фтору у листках та квітах становить 5,8–7,2 мг/кг (середній – 6,5 мг/кг).

Волошка (*Centaurea.*) — однорічна трав'яниста рослина висотою 30–60 см. Стебло пряме, гіллясте, 30–70 см заввишки. Листки цілісні лінійні. Цвіте в червні–липні, іноді впродовж усього літа. Вміст фтору у листках та квітах становить 7,4–9,3 мг/кг (середній – 8,5 мг/кг).

Жовтозілля (*Senecio, L.*) — багаторічна трав'яниста рослина. Листки еліптичні, розсічені. Квітки жовті, листочки обгортки. Вміст фтору у листках та квітах становить 4,9–6,5 мг/кг (середній – 6 мг/кг).

Таволга в'язолиста (*Filipendula ulmaria*) — багаторічна трав'яниста рослина. Стебло прямостояче, гіллясте, ребристе. Корінь мичкуватий, повзучий. Листя, загострене з п'ятьма частками. Вміст фтору у листках та квітах становить 4,9–6,3 мг/кг (середній – 5,5 мг/кг).

Будь-яке коливання у вмісті макро- та мікроелементів у навколишньому середовищі, зокрема у ґрунті, може викликати зміну в хімічному складі рослин. Окремі види рослин можуть виявляти вибіркочу здатність накопичення одного або декількох біологічно активних елементів. Інтенсивність біологічного поглинання фтору з ґрунтів ми проводили за допомогою емпіричного біогеохімічного показника – Ах. Розрахувавши цей показник побудовано діаграму (рис. 1).

Встановлено, що шпильки та гілки тиса ягідного є концентраторами фтору (Ах 15,5), що в 2,7 рази вище за тую та ялицю білу, Ах яких становить 5,7. З листяних дерев – гілки та листя ліщини (Ах 6,1) вміщують у 2,2 рази більше фтору, ніж вільхи чорної. З трав'янистих рослин – листки та квіти волошки (Ах 6) вміщують у 1,5 рази більше фтору, ніж буквиця, жовтозілля, таволга.

Ряди накопичення водорозчинного фтору (від більшого до меншого) рослинністю наступні: трав'янисті рослини: волошка – буквиця – жовтозілля – таволга.

Враховуючи всі типи рослин (наземну частину) можна побудувати ряди (від більшого до меншого) за біогеохімічним показником (Ах): тис ягідний (15,5) – ліщина (6,1) – волошка (6) – ялиця біла та туя (5) – буквиця (4,6) – жовтозілля (4,3) – таволга (3,9) – вільха чорна (2,8). Тобто, на дослідженій території найбільшим концентратором фтору є шпильки та гілки тиса ягідного, а найменше накопичують гілки та листя вільхи чорної (різниця становить 5,5 рази).

Таким чином, проведені дослідження свідчать про ступінь накопичення водорозчинного фтору із ґрунтів наземними частинами різних типів рослин. Це визначає можливість

прогнозувати можливе забруднення ґрунтів за індикаторними видами рослин. Так, встановлено, що концентратом фтору є шпильки та гілки тиса ягідного.



Рис. 1. Діаграма інтенсивності поглинання фтору рослинністю з ґрунту (Ах)

Висновки. Вперше визначено вміст водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності на території Карпатського біосферного заповідника (КБЗ). Визначено вміст водорозчинного фтору у ґрунтах на ділянці – урочище Підділ (1,2–1,6 мг/кг). Виявлено вплив водорозчинного фтору у ґрунті на накопичення його в дев'яти видах рослин (за коефіцієнтом біологічного поглинання, Ах): хвойні вічнозелені (шпильки та гілки) – тис ягідний (*Taxus baccata* L.) (Ах 15,5), туя (*Thuja*) (Ах 5), ялиця біла (*Abies alba*) (Ах 5); родини березових (гілки та листки) – ліщина (*Corylus avellana* L.) (Ах 6,1), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) P. Gaertn) (Ах 2,8); трави (листки та квіти) – буквиця (*Betonica officinalis* L.) (Ах 4,6), волошка (*Centaurea*) (Ах 6), жовтоділля (*Senecio*, L.) (Ах 4,6), таволга (*Filipendula ulmaria*) (Ах 3,9). Концентратом водорозчинного фтору є шпильки та гілки тиса ягідного. (*Taxus baccata* L.).

Проведені дослідження вмісту водорозчинного фтору у ґрунтах та рослинності КБЗ дозволили визначити рослини-індикатори накопичення фтору та стануть основою для проведення моніторингових еколого-геохімічних досліджень.

Література

1. Minghan Wang, Haoyang Wang, Ge Lei, Biao Yang, Teng Hu, Yingying Ye, Wei Li, Yaoyu Zhou, Xiao Yang, Huaqin Xu. Current progress on fluoride occurrence in the soil environment: Sources, transformation, regulations and remediation. *Chemosphere*. **2023**. Vol. 341, p. 139901
2. Сущик, Ю.Я. *Геохимия зоны гипергенеза Украинских Карпат*. Киев: Наукова. Думка. **1978**. 210с.

**DISTRIBUTION OF FLUORINE IN THE "SOIL-PLANT" SYSTEM OF THE
CARPATHIAN BIOSPHERE RESERVE (TRACT PIDDIL)**

Nataliia KRYUCHENKO

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,
Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8774-9089>

Eduard ZHOVINSKYI

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,
Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-1601-5998>

Petro PAPARYGA

Carpathian Biosphere Reserve of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of
Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4021-0809>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304399>

Keywords: *Fluoride, soil, plants, biological absorption coefficient, Carpathian Biosphere Reserve.*

Abstract

The results of own research on the content of water-soluble fluorine in soils and vegetation of the Piddil tract (Carpathian Biosphere Reserve) are presented. The distribution of fluoride in the "soil-plant" system (according to the biological absorption coefficient, A_x) of nine types of plants was established: coniferous evergreens (pins and branches) - *Taxus baccata* L. (A_x 15.5), *Thuja* (A_x 5), *Abies alba* (A_x 5); birch families (branches and leaves) – *Corylus avellana* L. (A_x 6.1), *Alnus glutinosa* (L.) R. Gaertn (A_x 2.8); herbs (leaves and flowers) – *Betonica officinalis* L. (A_x 4.6), *Centaurea* (A_x 6), *Senecio*, L. (A_x 4.6), *Filipendula ulmaria* (A_x 3,9). Pins and branches of the berry yew (*Taxus baccata* L.) were found to be a concentrator of fluoride.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304934>

ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOIL MICROBIOME IN THE KYIV REGION

Alla LEVISHKO, Iryna GUMENIUK

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS of Ukraine

12, Metrolohichna Str., 03143, Kyiv, Ukraine

e-mail: alodua2@gmail.com

Abstract. *The agricultural soils are under constant anthropogenic impact, and therefore it is important to know how human actions affect the intensity and direction of microbiological processes that are the basis for soil fertility. The aim of the study was to demonstrate the state of the soil microbial ecosystem in Kyiv region using an integrated approach. The study revealed distinct differences between the two systems under research. In the mineral system, the total microbial biomass and most groups of microorganisms were correlated with humus carbon and the carbon pools associated with it.*

Keywords: *soil microorganisms, microbial ecosystems, organic farming, soil fertility, CO₂ emission.*

Due to the growing human impact on the soil ecosystem, attention to the greening of the agricultural sector is also increasing, which is why there is a growing need to improve the understanding of the concept of ecology in soil microbiology. Knowledge of the laws of soil microbiota functioning in a natural ecosystem allows us to quickly identify and understand the causes of changes that occur in it and find ways to regulate them in the direction we are looking for. The most significant focus is usually on studies of the structure of bacterial communities at the taxonomic level. Agricultural soils are under constant anthropogenic influence, and therefore it is important to know how human actions affect the intensity and direction of microbiological processes that are the basis for soil fertility [1].

However, as is well known, the potential capabilities of microorganisms found on nutrient media often do not allow us to observe a full picture of all soil processes, which is largely due to the multifunctionality and taxonomic heterogeneity of the microbial world. Determination of soil biochemical and agrochemical indicators in many cases gives a more complete idea of the functioning of the microbial community in specific conditions [2].

The combination of microbiological parameters along with chemical, physical, etc., and their integration using mathematical analysis will allow us to demonstrate the microbial ecosystems of a particular landscape depending on various specified factors - fertilisation systems, applied agrotechnical methods and, on this basis, to assess the specifics of soil microbiological processes in each case [3]. Therefore, we took a comprehensive approach to soil analysis, which included an analysis of the number and activity of ecological and trophic groups of soil microorganisms, the pool of organic carbon, and used carbon and nitrogen of the total microbial biomass as integral microbial indicators, as well as CO₂ emission.

Therefore, *the aim of the study* was to demonstrate the state of the soil microbial ecosystem in Kyiv region using a comprehensive approach to soil analysis.

The soil of Kyiv region with the following characteristics was used for the study: typical chernozem with a humus content of 4.3%, hydrolysable nitrogen – 110 mg/kg, mobile phosphorus – 240, exchangeable potassium – 85 mg/kg of soil, pH of the salt extract – 6.5. The samples were taken in the spring before the agricultural activities. In previous years, corn was grown and N₉₀P₆₀K₉₀ (mineral fertiliser system) and N₇₀P₄₀K₇₀ + humus (organic-mineral fertiliser system) was applied. The studies showed that the microbial community of the used soil under the influence of both fertilisation systems showed different effects on the formation of microbial populations. Bacterial forms of microorganisms capable of ammonification, amylolytic, oligonitrophilic and oligocarbophilic microorganisms predominate in both the mineral and mixed systems, but their higher numbers were found in the first fertilisation system. The use of mineral fertilisers also contributes to an increase in the number of diazotrophs in the soil. Under the mixed fertiliser system, a high number of cellulose-degrading microorganisms, micromycetes and ammonifiers were observed. The use of additional organic fertilisers has a positive effect on the development of nitrogen fixers: their number increases by 5-6 times. It is well known that the number of ammonifying microorganisms and their significant development is determined by the presence of organic matter in the soil. The high number of ammonifiers found under the conditions of mineral fertilisers may indicate mineralisation of complex organic compounds, in particular humus, due to the lack of fresh organic matter in the soil.

Both soil variants, regardless of the differences in the number of microorganisms, were characterised by almost the same indicator of total microbial biomass. This is most likely due to the fact that in the presence of humus in the soil, most of the biomass is introduced by mycelial fungi, representatives of the cellulose-degrading group of microorganisms. Indirect evidence of the latter is the soil's CO₂ emission («respiration»), which is higher than with a mineral fertilisation system. It is known that bacteria have a higher ratio of body surface to volume (as in smaller organisms) and, accordingly, a higher metabolic rate, i.e., energy requirements per unit body weight.

A direct and correlated relationship between the abundance of a particular ecological and trophic group and the total microbial biomass may indicate that this particular group of microorganisms is involved in changes in the total biomass. An inverse relationship may indicate a decrease in the number of a particular group with an increase in total biomass, which is possible both due to the depletion of certain nutrients and its active consumption by competitive microorganisms. The absence of a significant connection between these indicators (the number of microorganisms and total biomass) most likely indicates a less active state of microorganisms. If we consider both of the systems we studied, the mixed-type variant, the groups of microorganisms found there and the other indicators (biomass, soil CO₂) associated with them, is the system that is in a state of relative calm. However, it should be noted that soil microorganisms are engaged in active physiological processes not only during growth and reproduction, but also in the process of maintaining cell viability, which also consumes a large amount of organic matter.

The analysis of correlations between the detected groups of microorganisms and different carbon pools helps to assess the biological significance of the latter as a source that provides structural and energy costs of microorganisms under specific conditions. For example, we found distinct differences between the two systems used in the research. Under the mineral system, the total microbial biomass and most microbial groups correlated with humus carbon and the carbon pools associated with it. The high content of copiotrophs, microorganisms that prefer high concentrations of nutrients, may be an indirect confirmation of soil enrichment with monomeric compounds. These compounds are signalling metabolites of enzymatic hydrolysis of polymers and contribute to the inhibition of hydrolytic and oligotrophic growth. This is demonstrated by the inverse relationship between the

number of cellulose-degrading and oligocarbophilic microorganisms and those carbon pools with which their competitors had close positive connections. A lack of structural and energy materials for the above-mentioned microorganisms leads to an inverse relationship with all integral indicators. The mixed fertilisation system showed the closest positive correlation of most groups of microorganisms with plant residues.

That is, the previously noted imbalance between the stock of total microbial biomass and the number of microorganisms is associated with different ways of using soil organic matter. This is what determined the different structure of the microbial community in the soils tested under different fertilisation systems. All this indirectly indicates that the mineral system has a higher mobility of soil organic matter, which was confirmed by biochemical analysis.

Therefore, using an integrated approach to soil analysis, it was shown that under the mineral fertilisation system, a mobile balance between the synthesis and decomposition of humus is observed in the soil, which is moved towards decomposition. Probably, this is the reason for the «preservation» of plant residues in this variant, as the microbial community prefers humus as a substrate (due to its availability) to plant residues. Distinct differences were found between the two systems tested. In the mineral system, the total microbial biomass and most microbial groups were correlated with humus carbon and the carbon pools associated with it.

References

1. Demyanyuk, O., Symochko, L. & Shatsman, D. (2020). Structure and Dynamics of Soil Microbial Communities of Natural and Transformed Ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*. 76. 97-105. DOI: 10.5755/j01.erem.76.4.23508.
2. Manda, R.R., Addanki, V.A. Giabardo, A., Benjamin, J., Hossain, M., Khanna, S., Gaddam, M., Kumar, R. & Srivastava, Dr. S. (2023). Soil Health Management and Microorganisms: Recent Development. DOI: 10.1007/978-981-19-8307-8_18.
3. Sivojiene, D., Kacergius, A., Baksiene, E., Maseviciene, A. & Zickiene, L. (2021). The Influence of Organic Fertilizers on the Abundance of Soil Microorganism Communities, Agrochemical Indicators, and Yield in East Lithuanian Light Soils. *Plants*. 10(12).2648-2657. DOI: 10.3390/plants10122648.

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МІКРОБІОМУ ҐРУНТІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Алла ЛЕВІШКО

Інститут агроекології і природокористування НААН, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4037-1730>

Ірина ГУМЕНЮК

Інститут агроекології і природокористування НААН, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6692-0171>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304934>

Ключові слова: ґрунтові мікроорганізми, мікробні екосистеми, органічне землеробство, родючість ґрунту, емісія CO₂.

Анотація

Сільськогосподарські ґрунти перебувають під постійним антропогенним впливом, а тому важливо знати, як дії людини впливають на інтенсивність і спрямованість мікробіологічних процесів, що є основою родючості ґрунту. Метою дослідження було продемонструвати стан мікробної екосистеми ґрунтів Київської області за допомогою комплексного підходу. Дослідження виявило чіткі відмінності між двома досліджуваними системами. У мінеральній системі загальна мікробна біомаса та більшість груп мікроорганізмів корелювали з вуглецем гумусу та пов'язаними з ним пулами вуглецю.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304078>

ФІТОПЛАНКТОН – ЯК БІОІНДИКАТОР ЯКОСТІ ВОДИ РІЗНОТИПНИХ ГІДРОЕКОСИСТЕМ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ

Дар'я ЛУЦЕНКО

Інститут гідробіології НАН України

проспект Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна

e-mail: ecowaterkma@gmail.com

Анотація

Дельта Дунаю – це динамічна і складна гідроекосистема, що відноситься до найбільших екотонів типу «річка-море». Такі водні об'єкти особливо вразливі до змін і викликів навколишнього середовища, окрім того вони перебувають під постійним антропогенним навантаженням. Моніторинг і дослідження біорізноманіття гідробіонтів та їх характеристик є необхідним для нормального функціонування і життєдіяльності біоценозу.

Так, дослідження фітопланктону різнотипних водних об'єктів пониззя Дунаю встановило, що видове різноманіття представлено нерівномірно: у великих придунайських озерах 188 видів (191 внутрішньо видових таксонів включаючи номенклатурний тип виду, далі - в.в.т.); у різнотипних водоймах і водотоках пониззя Дунаю (рукава та затоки) 156 видів (158 в.в.т.); а у гідроекосистемі р. Дунай – канал Дунай-Сасик – Сасицьке водосховище 87 в.в.т.

У роботі використаний метод біоіндикації, а саме метод індикаторних організмів сапробності. Аналізуючи індивідуальні показники сапробності фітопланктону, встановлено, що найбільше представників - β -мезосапробної зони, що в свою чергу відповідає III класу якості води, які охарактеризовані як «помірно забруднені».

Ключові слова: біоіндикація, сапробність, пониззя Дунаю, гідроекосистема, β -мезосапробна зона, якість води.

В умовах глобальної зміни клімату і зростання антропогенного навантаження на водні екосистеми актуальним є дослідження і моніторинг стану гідроекосистем.

Пониззя Дунаю – являє собою складну плавнево-літоральну екосистему типу «річка-море» і відзначається великою різноманітністю ландшафтів, сформованих складною гідрологічною мережею. Унікальність цих біотопів полягає у великому біорізноманітті і підвищеній продуктивності екосистем. В умовах глобальної зміни клімату і інтенсифікації антропогенного тиску на водні екосистеми, дослідження та моніторинг стану гідроекосистем є актуальним і необхідним. Стан водних екосистем та зміни, що виникли можна оцінити за різними показниками завдяки біоіндикації. Біоіндикація дозволяє оцінити наявність забруднення чи результат його дії на видовому, популяційному рівні, а також на рівні угруповань та екосистем [1,2]. Так, одна із характеристик, яка показує рівень забруднення органічними речовинами та продуктами їхнього розпаду – це *сапробність* [1].

Біологічні методи оцінки якості води побудовані на принципі того, що абіотичні (фізико-хімічні, гідрологічні, гідроморфологічні умови), впливають на спектр видів, що здатні тут мешкати, на їх кількісні та якісні показники [1]. Одним із зручних об'єктів для дослідження є

фітопланктон, оскільки він здатен швидко реагувати на зміни у водному середовищі. Також фітопланктон відіграє фундаментальну роль у гідроекосистемі, оскільки формує основу усіх трофічних ланцюжків. Загальні принципи індикації ступеня забруднення водойм та водотоків органічними речовинами за гідробіонтами розробили Р. Кольквітц і М. Марссон (1908), у подальшому цей підхід був розвинутий у роботах Р. Пантле та Г. Букк (введений кількісний індекс сапробності), М. Зелінкою і П. Марваном (надали поняття сапробної валентності), Х. Лібманном, В. Сладечком (запропонували списки водних організмів-індикаторів сапробності) [2,3,4].

Завдяки визначенню ступеня сапробності, можна визначити клас якості води, який визначає придатність води для конкретного способу її використання у житті людини і господарської діяльності, а також стан гідроекосистеми в цілому.

Мета роботи: встановити якість водного середовища різнотипних гідроекосистем пониззя Дунаю методом індикаторних організмів сапробності.

Матеріали та методи. Враховуючи динамічність гідрологічного режиму дунайських вод існує необхідність дослідження фітопланктону з різних горизонтів водної товщі (поверхневих, серединних та придонних). Тому для отримання репрезентативних даних, у роботі використовувалася метод інтегральної проби. Відбір зразків фітопланктону проводився на різнотипних гідроекосистемах пониззя Дунаю 2019-2021рр, для зручності аналізу були поділені на наступні групи:

1. 10 різнотипних водойм і водотоків пониззя Дунаю (рукав Білгородський, (середина); затока Солоний кут (середина); Кілійський рукав біля міста Вилкове; затока Солоний кут (вхід до рукава Білгородський); рукав Очаківський (17 км); Кілійський рукав (нижче морвокзалу); р. Дунай (порт Рені); вхід до рукава Очаківський (Анкудінове гирло); вихід у море з рукава Очаківський (морська лінія); біля мису затоки Бадик;

2. Акваторії гідроекосистеми р. Дунай – канал Дунай-Сасик – Сасицьке водосховище;

3. Великі придунайські озера (Кагул, Каргал, Катлабух, Кугурлуй, Китай, Ялпуг).

Згідно з планом управління річковим суббасейном нижнього Дунаю, усі водні об'єкти належать до одного суббасейну [5].

Видову приналежність фітопланктону наведено за міжнародним електронним каталогом *AlgaeBase* (Guiry & Guiry, 2020) [6]. У роботі приведені результати сапробіологічної оцінки якості води методом індикаторних організмів Пантле і Букк в модифікації Сладечека [7,8]: Індивідуальні індекси сапробності видів-індикаторів брали з таблиць [9]. Для водних об'єктів визначено клас якості води відповідно до сапробності індикаторних організмів, класифікованих за даними [10].

Результати та обговорення. Встановлено, що фітопланктон різних гідроекосистем суббасейну нижнього Дунаю представлено не рівномірно. Так найбільше різноманіття фітопланктону спостерігалось у великих придунайських озерах, і було представлено 188 видами (191 внутрішньовидових таксонів, включаючи номенклатурний тип виду (в.в.т.)) які належать до 7 відділів: *Cyanobacteria* (21), *Bacillariophyta* (97), *Cryptophyta* (3), *Ochrophyta* (9), *Charophyta* (1), *Chlorophyta* (51), *Euglenozoa* (9).

Аналізуючи альгофлору водойм і водотоків пониззя Дунаю, встановлено що вона налічує 156 видів (158 в. в. т.) з 8 відділів: *Cyanobacteria* (20), *Bacillariophyta* (52), *Cryptophyta* (4), *Miozoa* (6), *Ochrophyta* (12), *Charophyta* (4), *Chlorophyta* (45), *Euglenozoa* (15).

Альгофлора гідроекосистеми р. Дунай – канал Дунай-Сасик – Сасицьке водосховище налічувала дещо меншу кількість таксонів, а саме 87 в.в.т. з відділів: *Cyanobacteria* (19), *Bacillariophyta* (26), *Cryptophyta* (1), *Miozoa* (1), *Ochrophyta* (2), *Chlorophyta* (34), *Euglenozoa* (4).

Розглядаючи окремо кожен групу водних об'єктів, можна зазначити, що кількість видів-індикаторів – нерівномірна, але в усіх досліджуваних гідроекосистемах співвідношення індикаторних видів сапробності досить високе (від 58 % до 94 %), що дозволяє отримати репрезентативні дані проведення сапробіологічної оцінки якості вод і свідчить про високу екологічну ємність біотопів.

Сапробність. Дослідження індикаторних організмів сапробності фітопланктону різнотипних водойм та водотоків пониззя Дунаю, встановлено, що види-індикатори сапробності складають 94 % загальної кількості представленого різноманіття фітопланктону і налічують 148 в.в.т. Як видно з таблиці 1 в усіх досліджуваних акваторіях переважають організми β -мезосапробної зони.

Таблиця 1. Характеристика якості води різнотипних водойм та водотоків пониззя Дунаю за водоростями-індикаторами сапробності

Зони сапробності	Гідроекосистема									
	Р. Дунай, м. Рені (порт)	Рук. Кілійський (нижче морвокзалу)	Кілійський рук. біля м. Вилкове	Рук. Білгородський, середина	Зат. Солоний кут (вхід до рук. Білгородський)	біля мис зат. Бадик	Зат. Солоний кут (середина)	вхід до рук. Очаківський (Анкудінове гирло)	Рук. Очаківський 17 км	Вихід з рук. Очаківський (морська лінія)
<i>χ-о-сапробні</i>	4	5	2	3	8	7	2	7	3	7
<i>β-мезосапробні</i>	15	23	16	19	24	16	12	13	17	11
<i>α-р-сапробні</i>	10	7	6	3	6	4	7	7	5	3

Виявлено, що організми, які є індикаторами χ -о-сапробної зони - 28 в.в.т, β -мезосапробної – 102 в.в.т., α -р-сапробної – 18 в.в.т.

В свою чергу, згідно класифікації сапробності [10], β -мезосапробна зона відповідає III класу якості води, і відповідно «помірно-забрудненим водоймам».

Необхідно відмітити, що альгопроба зі станції р. Дунай, місто Рені (порт) відзначається високим співвідношенням індикаторних організмів α -р-сапробної зони, що відповідає «забрудненим» та «дуже забрудненим» водоймам. Це може бути наслідком підвищеного антропогенного навантаження через розташування річкового працюючого порту у цій акваторії.

Встановлено, що серед усіх ідентифікованих видів фітопланктону цієї групи, індикаторами до сапробності є 129 в.в.т. (68 %). Для наочності дані представлені у таблиці 2.

В усіх досліджуваних озерах спостерігається певна закономірність: 77 в.в.т. (59%) усіх видів-індикаторів відносилися до β -мезосапробної зони, що в свою чергу відповідає III класу якості води – «помірно забруднені» води. Також необхідно відмітити, що у оз. Китай за показниками видів-індикаторів спостерігається більша кількість організмів забруднених зон, ніж у інших.

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Сапробіологічна оцінка гідроекосистеми р. Дунай – канал Дунай-Сасик – Сасицьке водосховище показала, що з ідентифікованих видів фітопланктону видами-індикаторами сапробності у каналі Дунай-Сасик є 29 в.в.т, а у водосховищі – 46 в.в.т. (Таблиця 3), що в свою чергу становить 58 % та 68 % відповідно.

Таблиця 2. Характеристика якості води придунайських озер за водоростями-індикаторами сапробності

Види-індикатори сапробності	Листопад-грудень 2019 р.		Лютий-грудень 2020 р.					
	Китай	Кагул	Китай	Ялпуг	Картал	Кугурлуй	Кагул	Катлабух
<i>χ-о-сапроби</i>	3	7	1	9	3	4	2	1
<i>β-мезосапроби</i>	17	18	15	33	4	12	17	12
<i>α-р-сапроби</i>	5	2	4	3	1	2	–	1

Таблиця 3. Характеристика якості води гідроекосистеми р. Дунай – канал Дунай-Сасик – Сасицьке водосховище за водоростями-індикаторами сапробності

Зони сапробності	Гідроекосистема	
	Канал Дунай-Сасик	Сасицьке водосховище
<i>χ-о-сапробна</i>	8	8
<i>β-мезосапробна</i>	19	34
<i>α-р-сапробна</i>	2	4

Встановлено, що в лотично-лентичній системі канал-водосховище, найбільше видів *β-мезосапробної* зони, що в свою чергу відповідає III класу якості води («помірно забруднені води»).

Висновки. Дослідження видового різноманіття фітопланктону гідроекосистем пониззя Дунаю продемонструвало, що воно представлене досить широким спектром видів, що є, в свою чергу, підтвердженням унікальності біотопу «річка-море». Встановлено, що видове різноманіття фітопланктону різних груп водних об'єктів представлено широким спектром: у великих придунайських озерах 188 видів (191 в.в.т.); у водоймах і водотоках пониззя Дунаю (рукава та затоки) 156 видів (158 в.в.т.); а у гідроекосистемі р. Дунай – канал Дунай-Сасик – Сасицьке водосховище 87 в.в.т.

Показано, що усі досліджувані гідроекосистеми пониззя Дунаю мають високий показник індикаторних організмів сапробності. Найбільше представників *β-мезосапробної* зони, що свідчить про наявність помірного органічного забруднення води та відповідає III класу якості води.

Література

1. Дудник С. В. Методичний посібник для самостійної роботи студентів заочної форми навчання. Частина 1. Загальні основи водної токсикології. Київ: Український фітосоціологічний центр, 2014. 180 с.
2. Шалімов М. О. Біоіндикація : конспект лекцій / ред. І. В. Грачова. Одеса: Наука і техніка, 2011. 123 с.
3. Опекунова М. Г. Біоіндикація забруднень. Санкт-Петербург: Вид-во Санкт-Петербурзького держ. ун-ту, 2004. 266 с.

4. Куриленко В. В., Зайцева О. В., Новікова Є. А., Осмолівська Н. Г., Уфимцева М. Д. Основи екогеології, біоіндикації та біотестування водних екосистем / ред. В. В. Куриленко. 2003. 448 с.
5. План управління річковим суббасейном нижнього Дунаю (2025-2030) (Версія 1; Грудень 2022.) URL: https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Danube/purb_d.pdf
6. Listing the World's Algae URL: www.algaebase.org
7. Арсан О. М., Давидов О. А., Щербак В. І. та ін. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
8. Щербак В. І. Методи досліджень фітопланктону / Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ, 2002. 41-47 с.
9. Барінова С. С., Білоус Є. П., Царенко П. М. Альгоіндикація водних об'єктів України: методи та перспективи. Хайфа, Київ: 2019. 367 с.
10. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ: Символ–Т, 1998. 28с.

PHYTOPLANKTON AS A BIOINDICATOR OF WATER QUALITY IN DIFFERENT TYPES OF HYDROECOSYSTEMS OF THE LOWER DANUBE

Daria LUTSENKO

Institute of hydrobiology NAS of Ukraine, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9399-2250>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304078>

Keywords: *bioindication, saprobicity, Danube lower reaches, hydroecosystem, β -mesosaprobic zone, water quality.*

Abstract

The Danube Delta is a dynamic and complex hydroecosystem that belongs to the largest transitional river-sea ecotones. Such water bodies are particularly vulnerable to environmental changes and challenges, and are also under constant anthropogenic pressure. Monitoring and researching the biodiversity of aquatic organisms and their characteristics is essential for the normal functioning and vital activity of the biocenosis.

Thus, a study of phytoplankton in various water bodies of the Danube lower reaches found that species diversity is not evenly represented: in the large Danube lakes 188 species (represented by 191 intraspecific taxon (ssp)); in various reservoirs and watercourses of the Danube lower reaches (arms and bays) 156 species (158 ssp); and in the Danube River hydroecosystem - Danube-Sasyk Canal - Sasyk Reservoir 87 species.

The method of bioindication, namely the method of indicator organisms of saprobicity, was used in the study. Analyzing the individual indicators of phytoplankton saprobility, it was found that the majority of representatives belong to the β -mesosaprobic zone, which in turn corresponds to the III class of water quality, which is characterized as "moderately polluted".



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304084>

СУКЦЕСІЇ КАР'ЄРНО-ВІДВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГІРНИЧОТЕХНІЧНОГО ЕТАПУ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

Олександр МУДРАК¹, Анна МАГДІЙЧУК²

¹ КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»,
вул. Грушевського, 13, м. Вінниця, 21050, Україна

² Інститут агроекології і природокористування НААН
вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

e-mail: mahdiichuk@gmail.com

Анотація. В запропонованій публікації представлені результати проведення дослідження впливу внесення сапонітової глини в якості меліоранту при рекультивації піщаного кар'єрно-відвального комплексу *in situ*. Доведено, що внесення сапонітової глини на дослідні ділянки в межах кар'єру сприяло швидшій появі рослинного покриву у порівнянні із контрольними ділянками без додаткових матеріалів.

Ключові слова: кар'єри, відновлення, ренатуралізація, сапонітова глина, Поділля, біорізноманіття.

В умовах Правобережного Лісостепу України, в місцях прямого видобутку сформувалися кар'єрно-відвальні комплекси, які набули рис так званих «бедлендів», тому існує необхідність у проведенні рекультивації порушених та відпрацьованих гірничо-промисловою діяльністю земель. Пошук оптимальних шляхів для покращення екологічної ситуації на деградованих ділянках гірничо-промислових ландшафтів і їх подальше збалансоване використання є важливим питанням у межах Правобережного Лісостепу, актуальним воно є і для території Поділля.

Індикатором ефективності проведених рекультиваційних заходів є рівень біорізноманіття, який може свідчити про неправильно обрані методики і стратегії ренатуралізації. Це підтверджують результати досліджень: у дослідженні рослинності М. Lane та ін. (2019) було виявлено поширення мезотрофних трав на різновікових відновлених ділянках, в той час як типовими для території є низинні вересові види: таку тенденцію пов'язують із нижчими за природні значення показниками кислотності і вмісту органічних речовин, отже проведені відновні заходи є безрезультатними. При дослідженні відновних процесів, М. Samraio та ін. (2021) виявили зменшення чисельності птахів, які є дуже чутливими до порушень екосистем з огляду на їх взаємодію з рослинами, харчовою поведінкою та просторово-часовим розподілом; зміни чисельності були пов'язані із використанням у рекультивації алепської сосни (*Pinus halepensis* Mill), що підтверджує важливість використання для відновлення рослинного покриву зональних видів [1,2].

Потенціал збереження кар'єрів у якості середовищ існування видів розглядався в численних дослідженнях павуків, бабок, прямокрилих, твердокрилих, метеликів, диких бджіл, мурах, амфібій, птахів, дрібних ссавців тощо: дослідженням R. Gentili та ін. (2020) визначено, що багатство флори та лускокрилих залежить від показників новоутвореного ґрунту, а

використання насінневих сумішей є неефективним, оскільки ці види за декілька років були витіснені видами з суміжних територій; в дослідженні жалких перетинчастокрилих M. Hendrychová та ін. (2016) відзначили, що на нерекультивованих ділянках мешкало вдвічі більше рідкісних видів із учетверо більшою чисельністю, а також деякі регіонально-вимерлі види; згідно зі спостереженнями L. Twerd та ін. (2021), поширення видів у піщаних кар'єрах, які не піддавалися реабілітації, сильно впливало на спільноти жалких перетинчастокрилих та на динаміку змін трофічних ґільдій і створювала умови для їх колонізації новими видами. За даними С. Kerbiriou та ін. (2018), кар'єри є сприятливим середовищем для існування кажанів, однак їх чисельність і якість існування залежить від здійснених заходів з рекультивації, розмірів кар'єру та наявності ділянок з подальшим вилученням корисних копалин [3-6].

Девастовані землі характеризуються відсутністю родючого шару, різкими змінами рельєфу, низькою продуктивністю, що своєю чергою призводить до порушення санітарно-гігієнічних та екологічних умов регіону загалом. Покращення водно-фізичних властивостей та елементної складової порушених субстратів можливе за внесення глинистих матеріалів, які через свої фізичні і хімічні властивості впливають на родючість ґрунту, контролюючи надходження та доступність поживних речовин шляхом секвестрації й стабілізації органічної речовини ґрунту. При цьому вони контролюють фізичні властивості ґрунту через утворення мікроагрегатів, впливаючи на кислотність ґрунту та контролюючи чисельність і активність ґрунтових мікроорганізмів [7,8].

Тому метою нашої роботи є визначення ефективності внесення сапонітової глини як меліоранту для пришвидшення формування фітоценозів Андрійковецького кар'єрно-відвального комплексу в межах гірничо-промислових ландшафтів.

Дослідження проводили на прикладі Андрійковецького кар'єрно-відвального комплексу, який локалізований поблизу села Андрійківці Розсошанської сільської територіальної громади Хмельницького району Хмельницької області (географічні координати 49°18'21.1"N 26°48'10.7"E) в межах Центрального Поділля в умовах Правобережного Лісостепу. Кар'єр розташований посеред сільськогосподарських угідь, де вирощують кукурудзу та соняшник. Загальний вигляд кар'єру зображений на Рисунку 1.



Рис. 1. Загальний вигляд Андрійковецького кар'єрно-відвального комплексу

Первинне заселення рослин прямо залежить від механічних та фізичних властивостей поверхневого шару порід, експозиції відвалів, тобто від основних едафічних умов, що визначають закріплення і проростання насіння. Андрійковецький кар'єрно-відвальний комплекс характеризується значними порушеннями структури покриву та різкими перепадами висот, а нестійкі схилі ділянки підлягають частим процесам водної і вітрової ерозії, що унеможлиблює перебіг первинних сукцесійних перетворень. Такі несприятливі едафічні умови сприяли швидкому поширенню на окремих ділянках сегетально-рудеральної рослинності, ступінь синантропізації становить понад 56 %, що становить загрозу для природної флори [9].

Вплив сапоніту як меліоранту на формування рослинного покриву вивчали безпосередньо на території піщаного кар'єру (*in situ*). Для цього в східній частині кар'єру було сформовано чотири дослідні ділянки, розміром 2 м × 2 м кожна. На двох дослідних ділянках вносили шар сапоніту, дві інші ділянки контрольні. Координати розташування дослідних ділянок і контрольних площ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Географічні координати дослідних ділянок

№ з/п	Ділянка	Координати
1	Сапоніт 1	49°18'20.79" Пн 26°48'15.13" Сх
2	Контроль 1	49°18'21.04" Пн 26°48'15.16" Сх
3	Сапоніт 2	49°18'20.57" Пн 26°48'14.98" Сх
4	Контроль 2	49°18'20.32" Пн 26°48'14.90" Сх

На визначених ділянках сапоніт вносили в дозуванні 5 т/га (0,5 кг/м²).

До початку експерименту, визначені ділянки характеризувались відсутністю рослинного покриву, оскільки розташовувались біля місць несанкціонованого видобутку піску.

За час трьохрічного експерименту, загальна площа ділянок з відсутнім та майже відсутнім рослинним покривом зменшилась на ділянках із сапонітовою глиною. На ділянці Сапоніт 1 додатково відбулось заселення таких монокарпічних видів як жовтушник лакфіолевидний (*Erysimum cheiranthoides* L.), щириця загнута (*Amaranthus retroflexus* L.) і полікарпічних трав – конюшина повзуча (*Trifolium repens* L.), золотарник канадський (*Solidago canadensis* L.).

На ділянці Сапоніт 2 зафіксовано появу видів люцерна посівна (*Medicago sativa* L.), грястиця збірна (*Dactylis glomerata* L.). Поява представників роду *Fabaceae* забезпечує насичення збіднених субстратів азотом, що сприяє подальшим процесам ґрунтоутворення.

Ділянки без рослинного покриву та ділянки, на яких відбулось первинне заселення рослин після внесення сапонітової глини зображено на рисунку 2.

Після завершення видобування корисних копалин, для стабілізації екологічних умов необхідно проводити комплекс ренатуралізаційних заходів. Зменшення впливу лімітуючих чинників едафічного середовища забезпечить формування зональної природної флори. Відсутність таких заходів в межах об'єкту дослідження доводить, що диференціація видової структури відбувається саме через вплив антропогенної діяльності та сформовані екотопічні умови.

За результатами проведеного дослідження *in situ* визначено, що внесення сапоніту на дослідні ділянки в межах кар'єрно-відвального комплексу сприяло швидшій появі рослинного покриву, у порівнянні із контрольними ділянками без додаткових матеріалів. Тому для пришвидшення процесів відновлення кар'єрів рекомендовано використовувати сапонітову

глину як джерело комплексу мінералів та елементів, які можуть не лише покращити водно-фізичні властивості збідненого субстрату, але й підвищити ефективність фітомеліорації.

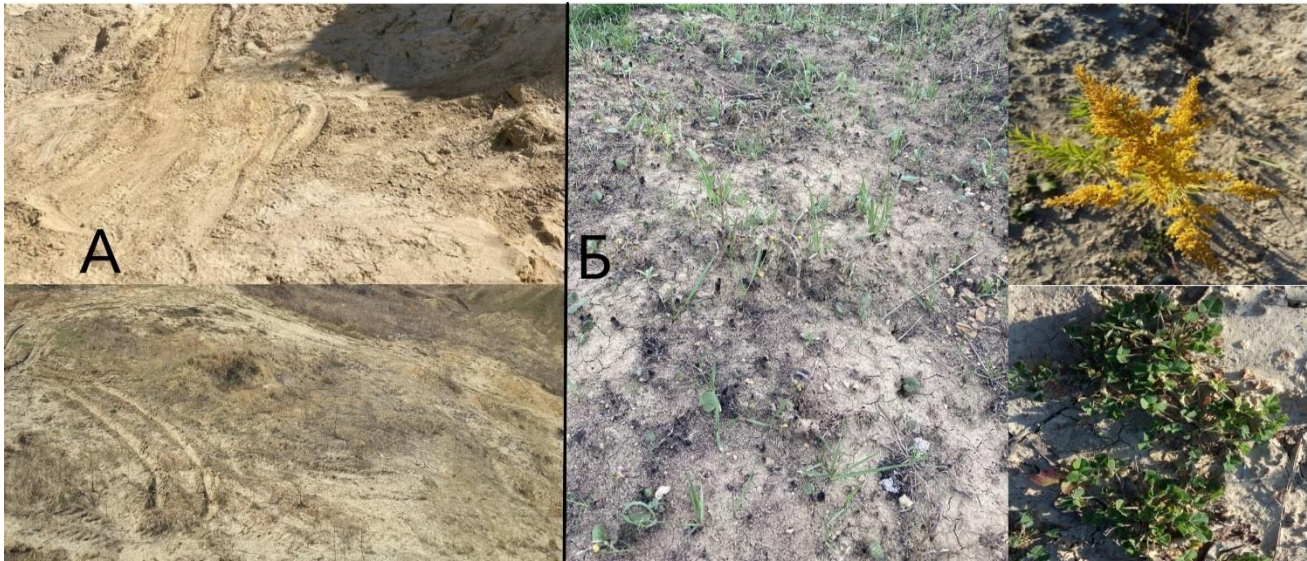


Рис. 2. Вигляд ділянок без рослинного покриття (А) та з первинною сукцесією після внесення сапонітової глини (Б)

Література

1. Salgueiro P.A., Prach K., Branquinho C., Mira A. Enhancing biodiversity and ecosystem services in quarry restoration – challenges, strategies, and practice. *Restoration Ecology*. 2020. Vol. 28.3. P. 655-660. DOI: 10.1111/rec.13160.
2. Sampaio A.D et al. Bottom-up cascading effects of quarry revegetation deplete bird-mediated seed dispersal services. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 298. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113472>.
3. Kerbirou C., Parisot-Laprun M. and FrancoisJulien J. Potential of restoration of gravel-sand pits for Bats. *Ecological engineering*. 2018. Vol. 110. P. 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.11.013>.
4. Gentili R. et. al. Vegetation cover and biodiversity levels are driven by backfilling material in quarry restoration. *Catena*. Vol. 195. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104839>.
5. Hendrychová M. and Bogusch P. Combination of reclaimed and unreclaimed sites is the best practice for protection of aculeate Hymenoptera species on brown coal spoil heaps. *Journal of Insect Conservation*. 2016. Vol. 20. P. 807–820. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9912-8>.
6. Twerd L., Szefer P., Sobieraj-Betlińska A. and Olszewski P. The conservation value of Aculeata communities in sand quarries changes during ecological succession. *Global Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 28. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01693>.
7. Kome G.K., Enang R.K., Tabi F.O. and Yerima B.P.K. Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: a review. *Open Journal of Soil Science*. 2019. Vol. 9(9). P. 155-188. 10.4236/ojss.2019.99010.
8. Мудрак О.В., Магдійчук А.П. Водно-фізичні властивості ґрунту як чинник формування фітоценотичного покриття девастованих земель. *Збалансоване природокористування*. 2021. №4. С. 93-99. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253092>.

9. Мудрак О.В., Магдійчук А.П. Екологічні особливості флористичної структури девастрованих земель Правобережного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2022. №1. С. 32-37. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257123>.

**SUCCESSIONS OF QUARRY-DUMP COMPLEXES AFTER THE CONDUCT OF THE
STAGE OF MINE RECLAMATION**

Oleksandr MUDRAK

Vinnytsia Academy of Continuing Education, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-1776-6120>

Anna MAHDIICHUK

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6719-2148>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304084>

Keywords: *quarries, restoration, renaturalization, saponite clay, Podillia, biodiversity.*

Abstract

In this proposed article presents the results of a study of the impact of the introduction of saponite clay as an ameliorant during the reclamation of a sand quarry-dump complex in situ. It was proved, that the application of saponite clay to experimental plots within the limits of quarry contributed to the faster appearance of plant cover, compared to control plots without additional materials.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304844>

CANDIDATUS PHYTOPLASMA ASTERIS
AND METCALFA PRUINOSA (SAY, 1830): COMMON HOSTS

Anatolii ORLOVSKYI¹, Nazarii SUS², Viktoriya TSVIHUN², Iryna GUMENIUK²

¹*Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

23, Sadova Str., Novosilky, Kyiv Oblast, 03027, Ukraine

²*Institute of Agroecology and Environmental Management
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

12, Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine

e-mail: scientist.orlovskiy@gmail.com

Abstract

Metcalfa pruinosa (Say, 1830) is a new invasive pest of *Humulus lupulus* L., which infests 130 plant species in Kyiv. In addition, it is a vector of *Candidatus Phytoplasma asteris*, which infects *H. lupulus*. Given the above, we reviewed and compared the literature on the hosts of *M. pruinosa* in Kyiv and *Ca. P. asteris* generally. As a result, we found 13 of their shared plant hosts: *Acer negundo* L., *Citrus limon* (L.) Osbeck, *Corylus avellana* L., *Fraxinus excelsior* L., *H. lupulus*, *Musa acuminata* Colla, *Prunus cerasus* L., *Prunus domestica* L., *Rosa canina* L., *Sonchus oleraceus* L., *Tilia cordata* Mill., *Trifolium pratense* L., *Vitis vinifera* L. In further study, the incidence of *Ca. P. asteris* infection in these hosts must be assessed.

Keywords: *Metcalfa pruinosa*, *Candidatus Phytoplasma asteris*, Kyiv, host.

Metcalfa pruinosa (Say, 1830), known as the citrus flatid planthopper, is an invasive polyphagous sap-sucking insect spreading rapidly through Ukraine. In previous studies, we showed that the citrus flatid planthopper is present in all districts of Kyiv and infests 130 plant species. We also revealed that *M. pruinosa* most frequently damages *Humulus lupulus* L., *Juglans regia* L., and species of the genus *Acer* L. [1]. The leaves and stems of *H. lupulus*, infested by the citrus flatid planthopper, were contaminated with a whitish, sticky, woolly coating, and its leaves exhibited interveinal chlorosis and necrosis, as well as chlorotic and necrotic spots. In addition, *M. pruinosa* excreted honeydew, predisposing the appearance of sooty mould [2]. However, the harm caused by *M. pruinosa* to hop plants is not limited to the above. The citrus flatid planthopper was also a vector of *Candidatus Phytoplasma asteris* (aster yellows phytoplasma, group 16SrI-B), one of the hosts of which is *H. lupulus* [3, 4]. Therefore, this study aims to select hosts of *M. pruinosa* in Kyiv, which *Ca. P. asteris* can infect to reveal all the vector-host-pathogen interactions. To do this, we searched for data on infection by *Ca. P. asteris* for each of the 130 species infected by *M. pruinosa* in Kyiv. As a result, we found 12 species, excluding *H. lupulus*, which are shared hosts of *Ca. P. asteris* and *M. pruinosa*. Table 1 presents these hosts and the symptoms of *Ca. P. asteris* infection they show.

Table 1. Common hosts of *Candidatus Phytoplasma asteris* and *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) (Kyiv population)

Host	Symptoms of <i>Ca. P. asteris</i> infection	Reference
<i>Acer negundo</i> L.	LC, LM, LN, LRe, SD, SI, SP	5
<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	LC, LY	6
<i>Corylus avellana</i> L.	LC	7
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	LM, LRo, SP	8
<i>Musa acuminata</i> Colla	SP	9
<i>Prunus cerasus</i> L.	LC, LSR, SI	10
<i>Prunus domestica</i> L.	ABG, LSR, SI, SP	11
<i>Rosa canina</i> L.	LC, SD	12
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	FV, LC, LRe, PH, SI, SP	13
<i>Tilia cordata</i> Mill.	LC, LRol, LBP	14
<i>Trifolium pratense</i> L.	PH, FV, SP	15
<i>Vitis vinifera</i> L.	LS, LRe	16

Notes: shortened internodes (SI); axillary bud growth (ABG); flower virescence (FV); late bud proliferation (LBP); leaf chlorosis (LC); leaf malformation (LM); leaf necrosis (LN); leaf reddening (LRe); leaf rolling (LRol); leaf rosetting (LRo); leaf size reducing (LSR); phyllody (PH); shoot dieback (SD); shoot proliferation (SP); vein yellowing (VY).

In conclusion, we found 13 plant species, including *H. lupulus*, that are infested by *M. pruinosa* in Kyiv and can be infected by *Ca. P. asteris*. In further research, the incidence of *Ca. P. asteris* infection among them should be assessed.

Reference:

- Sus N., Janse L., Orlovskyi A. Distribution and host range of the citrus flatid planthopper (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) in Kyiv. *Agrobiologîâ*. 2023. №2(183). P. 112-120. <https://doi.org/mq5t>
- Yanse L., Sus N. *Metcalfa pruinosa* Say, 1830 as a new parasite of hop plants in Ukraine. *Balanced nature using*. 2023. №1. P. 74-81. <http://dx.doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278542>
- Mergenthaler E., Fodor J., Kiss E., Bodnár D., Kiss B., Viczián O. Biological and molecular evidence for the transmission of aster yellows phytoplasma to French marigold (*Tagetes patula*) by the flatid planthopper *Metcalfa pruinosa*. *Annals of Applied Biology*. 2020. Vol. 176. № 3. P. 249-256. <https://doi.org/10.1111/aab.12582>
- Solarska E., Kamińska M., Śliwa H. First Report of Phytoplasma Infection in Hop Plants. *Plant Disease*. 2004. Vol. 88. №8. P. 908-908. <http://dx.doi.org/10.1094/pdis.2004.88.8.908b>
- Kamińska M., Śliwa H. First report of a decline of ashleaf maple (*Acer negundo*) in Poland, associated with 'Candidatus Phytoplasma asteris'. *Plant Pathology*. 2006. Vol. 55. №2. P. 293-293. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01304.x>
- Arratia-Castro A. A., Santos-Cervantes M. E., Fernández-Herrera E., Chávez-Medina J. A., Flores-Zamora G. L., Camacho-Beltrán E., Méndez-Lozano J., Leyva-López N. E. Occurrence of 'Candidatus Phytoplasma asteris' in citrus showing Huanglongbing symptoms in Mexico. *Crop Protection*. 2014. Vol. 62. P. 144-151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2014.04.020>
- Cieślińska M., Kowalik B. Detection and Molecular Characterization of 'Candidatus Phytoplasma asteris' in European Hazel (*Corylus avellana*) in Poland. *Journal of Phytopathology*. 2011. Vol. 159. №9. P. 585-588. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.2011.01807.x>

8. Kamińska M., Berniak H. ‘Candidatus Phytoplasma asteris’ in *Fraxinus excelsior* and its association with ash yellows newly reported in Poland. *Plant Pathology*. 2009. Vol. 58. №4. P. 788-788. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02037.x>
9. Aliaga F., Hopp E., Alvarez E., Lopez-Lavalle L. B. First report of a ‘Candidatus Phytoplasma asteris’ isolate associated with banana elephantiasis disease in Colombia. *New Disease Reports*. 2018. Vol. 37. №1. P. 12-12. <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2018.037.012>
10. Fránová J., Lenz O., Příbylová J., Špak J., Koloniuk I., Suchá J., Paprštejn F. “Candidatus Phytoplasma asteris” and “Candidatus Phytoplasma mali” strains infecting sweet and sour cherry in the Czech Republic. *Journal of Phytopathology*. 2017. Vol. 166. №1. P. 59-66. <http://dx.doi.org/10.1111/jph.12661>
11. Zwolińska A., Borodynko-Filas N., Nowaczyk D., Hasiów-Jaroszewska B. First Report of *Prunus domestica* as the Host of a Phytoplasma Belonging to Group 16SrI, Subgroup B/L. *Plant Disease*. 2019. Vol. 103. №1. P. 145. <http://dx.doi.org/10.1094/pdis-06-18-0963-pdn>
12. Śliwa H., Malinowski T., Kamińska M. Molecular characterisation of phytoplasmas infecting roses in Poland. *Acta Agrobotanica*. 2013. Vol. 55. №1. P. 325-334. <http://dx.doi.org/10.5586/aa.2002.031>
13. Salehi M., Hosseini S. E., Salehi E. First report of a ‘Candidatus Phytoplasma asteris’-related strain (16SrI-B) associated with *Sonchus oleraceus* (common sowthistle) phyllody disease in Iran. *New Disease Reports*. 2018. Vol. 37. №1. P. 6-6. <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2018.037.006>
14. Válová P., Navrátil M., Fialová R. Small-leaved lime (*Tilia cordata*) and silver lime (*T. tomentosa*)—the hosts of phytoplasma. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2004. Vol. 7. P. 330–332. URL: <https://www.researchgate.net/publication/268181697> (date of access: 26.05.2024).
15. Válová P., Fialová R., Navrátil M., Fránová J., Šimková M., Nebesářová J. Weed hosts of phytoplasmas in the Czech Republic. *Plant Protection Science*. 2002. Vol. 38. №SI 2 - 6th Conf EFPP. P. 285-287. <http://dx.doi.org/10.17221/10468-pps>
16. Babaei G., Esmailzadeh-Hosseini S. A., Eshaghi R., Nikbakht V. Incidence and molecular characterization of a 16SrI-B phytoplasma strain associated with *Vitis vinifera* leaf yellowing and reddening in the west of Iran. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2019. Vol. 41. №3. P. 468-474. <http://dx.doi.org/10.1080/07060661.2019.1590459>

CANDIDATUS PHYTOPLASMA ASTERIS I METCALFA PRUINOSA (SAY, 1830):
СПІЛЬНІ ХАЗЯЇ

Анатолій ОРЛОВСЬКИЙ

Інститут садівництва
Національної академії аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0100-5765>

Назарій СУС

Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6919-0920>

Вікторія ЦВІГУН

Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9517-9810>

Ірина ГУМЕНЮК

Інститут агроєкології і природокористування
Національної академії аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6692-0171>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304844>

Ключові слова: *Metcalfa pruinosa*, *Candidatus Phytoplasma asteris*, Київ, хазяїн.

Анотація

Metcalfa pruinosa (Say, 1830) - новий інвазивний шкідник *Humulus lupulus* L., який заселяє 130 видів рослин у Києві. Крім того, він є переносником *Candidatus Phytoplasma asteris*, який інфікує *H. lupulus*. З огляду на це, ми проаналізували та порівняли літературні дані щодо хазяїв *M. pruinosa* у Києві та *Ca. P. asteris* загалом. В результаті ми виявили 13 їхніх спільних рослин-хазяїв: *Acer negundo* L., *Citrus limon* (L.) Osbeck, *Corylus avellana* L., *Fraxinus excelsior* L., *H. lupulus*, *Musa acuminata* Colla, *Prunus cerasus* L., *Prunus domestica* L., *Rosa canina* L., *Sonchus oleraceus* L., *Tilia cordata* Mill., *Trifolium pratense* L., *Vitis vinifera* L. У подальших дослідженнях слід оцінити інфікованість цих хазяїв *Ca. P. asteris*.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.302517>

USE OF CHARKOR AND KAMETHUR FOR IMPROVING GROWTH AND PHYTOREMEDIATION PROCESSES OF MISCANTHUS X GIGANTEUS ON SOILS CONTAMINATED WITH TRACE ELEMENTS

Valentina PIDLISNYUK¹, Victoria TSYGANKOVA², Tatyana STEFANOVSKA³,
Artem MEDKOV⁴, Stepan PILYO², Volodymyr BROVARETS²

¹Jan Evangelista Purkyně University

400 96 Ústí nad Labem, Czech Republic

²Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry

National Academy of Sciences of Ukraine

Academician Kukhar Str. 1, Kyiv, 02094, Ukraine

³National University of Life and Environmental Sciences

Horikhuvatskyi shliakh Str.19, Kyiv, 03041, Ukraine

⁴Institute of Agroecology and Environmental management of NAAS

12, Metrologichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine

e-mail: a.medkow@gmail.com

Abstract. The effect of polycomponent biostimulant Charkor and synthetic plant growth regulator Kamethur on the growth of *Miscanthus × giganteus* on the contaminated with trace elements (TEs) soils was studied. When cultivating *M × g* in the more contaminated Vseborice soil, Kamethur contributed to higher leaf and stem biomass (57.1 and 126%, respectively), while Charkor only increased leaf biomass (49.5%) in the contaminated soil. In the Chomutov soil, Charkor increased the accumulation of elements essential for plant development (EEs) and potentially toxic (PTEs) elements in leaves by 12.4 and 21.2%, respectively; Kamethur resulted in a much greater accumulation of both groups' elements in the leaves by 93.1 and 69.5%, respectively. Accumulation in stems had a different tendency: Charkor reduced the accumulation of EEs and PTEs elements in the stem, by 33.3 and 11.4%, respectively; Kamethur reduced the accumulation of EEs by 11.4% and increased the accumulation of PTEs by 23.3% in the stem. The obtained results confirmed the prospects of using Kamethur and Charkor to improve the growth and phytoremediation processes of *Miscanthus × giganteus* on soils contaminated with trace elements (TEs).

Keywords: *Miscanthus giganteus*, trace elements, soil, Kamethur, Charkor.

Miscanthus × giganteus (*M × g*) is a popular C4 energy crop showing a high biomass yield and immense lignocellulose content; its cultivation requires less input compared to other energy crops and promotes carbon sequestration potential [1]. Furthermore, having a good tolerance to nutrient deficiency, a wide temperature range, and a good ability to cultivate in marginal and contaminated soils, *M × g* has become effective in phytoremediation processes [2]. The crop has been successfully utilised as a phytoagent in soil contaminated with trace elements (TEs), oil products, pesticides, and a mixture of chemicals [2, 3]. Growing *M × g* as a non-food crop in contaminated soils is not in conflict with food security and limits contaminant entry into the food chain [1, 2, 3]. *Miscanthus* biomass can be converted to bio-solid, bio-liquid, and bio-gaseous fuels using thermo-chemical or biological

methods. It can be processed for use in construction materials, geotextiles, pulp, and paper via mechanical or chemical-mechanical pulping [1, 2, 3].

Soil contamination with trace elements (TEs) is a pressing problem limiting the cultivation of agricultural crops; however, the non-food energy crop (*M×g*) showing a high biomass yield and immense lignocellulose content can be grown on such soil. The effect of polycomponent biostimulant Charkor and synthetic plant growth regulator Kamethur was studied when *M×g* was cultivated in TE-contaminated soils from Vseborice (former mining) and Chomutov (former military), in the Northern Czech Republic [3].

Polycomponent biostimulant Charkor is a complex composition which consists of synthetic plant growth regulator Ivin (2,6-Dimethylpyridine-N-oxide), natural plant growth regulator Emistim C and synthetic auxin NAA (1-naphthylacetic acid) [4]. Emistim C is unique biostimulator of plant growth with a broad spectrum of action - a product of biotechnological cultivation of epiphytic fungi from the root system of ginseng and sea buckthorn, transparent colorless water-alcohol solution [4]. The active substance of Emistim C: complex of biologically active compounds - metabolism products of fungi-micromycetes (saturated and unsaturated fatty acids (C14-C28), polysaccharides, 15 amino acids, analogues of phytohormones of cytokinin and auxin nature). Emistim C is recommended for use for pre-sowing seed treatment by soaking or inlaying and spraying vegetative plants at all stages of ontogenesis, increasing yield and quality of such crops: wheat, barley, peas, rapeseed, rice, soybeans, buckwheat, watermelons, melons, sugar beets, alfalfa, clover, corn, sunflower, vegetables, potatoes, vineyards, strawberries, mushrooms [4].

The synthetic plant growth regulator Kamethur (6-methyl-2-mercapto-4-hydroxypyrimidine) potassium salt is low molecular weight heterocyclic compound, derivative of plant growth regulator Methyur (6-methyl-2-mercapto-4-hydroxypyrimidine sodium salt. Field and laboratory studies of Kamethur and Methyur showed [5] their stimulating effect on the growth and development of major agricultural crops (corn, wheat, barley, sunflower, sorghum, peas, chickpeas, beans, soybeans, rapeseed and flax). Moreover, the use of these compounds has increased yields and improved adaptation to stressors of abiotic origin.

The main advantage of using Kamethur and Methyur is the broad specificity of their action on the growth of different plant species and varieties during ontogenesis in low concentrations from 10^{-5} M to 10^{-9} M, which do not have toxic effects for humans, animals and the environment.

The chemical structures of the synthetic plant growth regulators Ivin, Kamethur and Methyur are shown in Fig. 1.

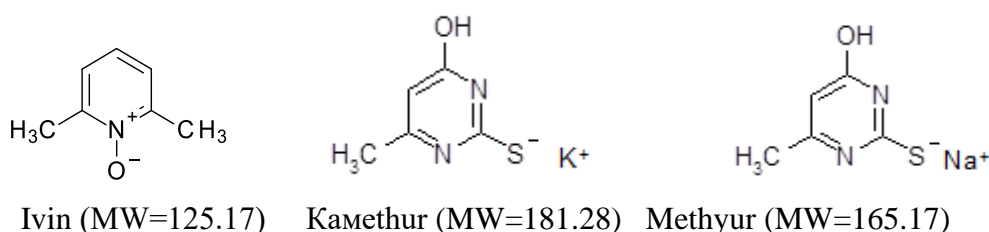


Figure 1. The chemical structures of the synthetic plant growth regulators Ivin (2,6-Dimethylpyridine-N-oxide), Kamethur (6-methyl-2-mercapto-4-hydroxypyrimidine potassium salt) and Methyur (6-methyl-2-mercapto-4-hydroxypyrimidine sodium salt)

The obtained results showed that the soil contamination did not influence *M×g* yield, whereas the cumulative effect of soil contamination and PGR was statistically significant. The leaves and stems dry weight (DW) was dependent on soil contamination; lower stem DW was observed for the plant in Vseborice soil. Charkor increased the leaf DW in Vseborice soil, while Kamethur increased the

stem's DW in both soils. Charkor increased leaf DW in the Vseborice soil, while Kamethur increased leaf DW in both soils and stem DW in the more contaminated Vseborice soil.

It was found that Kamethur contributed to an increase in the biomass of leaves and stems (by 57.1% and 125%, respectively), while Charkor only increased the biomass of leaves (by 49.5%) when *M×g* was cultivated in the more contaminated Vseborice soil.

Analysis of the comprehensive bio-concentration index (a predictable indicator to assess the ability of phytoagent to accumulate multiple TEs) it was revealed that when cultivating *M×g* in the Chomutov soil, the control plant accumulated EEs and PTEs mainly in the stems. Charkor increased the accumulation of EEs and PTEs in leaves by 12.4 and 21.2%, respectively; Kamethur resulted in a much greater accumulation of both groups' elements in the leaves by 93.1 and 69.5%, respectively. Accumulation in stems had a different tendency: Charkor decreased EEs' accumulation in stems by 33.3 and 11.4%, respectively; Kamethur decreased the accumulation of EEs by 11.4% and increased the accumulation of PTEs by 23.3%.

In the more contaminated Vseborice soil, the control plant accumulated EEs mainly in leaves, while the PTEs mainly accumulated in the stems. Charkor reduced the accumulation of EEs and PTEs' in leaves by 31.4 and 4.1%, respectively; and in stems by 17.6 and 43.4%, respectively. Kamethur showed a different effect: it increased EEs' accumulation in stems by 12.0% and reduced it in leaves by 29%. Kamethur also decreased PTEs' accumulation in stems by 21.7% and increased their accumulation in leaves by 40.6%.

Statistical evaluation of the current results illustrated the ability of Charkor to reduce the uptake of PTEs, which is critical for converting clean biomass to bioproducts. It can be recommended for the reduction of PTEs uptake to biomass when the crop is cultivated in varied contaminated soils. Kamethur can be recommended to increase the biomass of leaves and stems when cultivating *M×g* on various polluted soils. Further research should confirm the influence of Kamethur and Charkor on the growth and phytoremediation processes of *M×g* at the field plantation level.

The use of Charkor and Kamethur for *Miscanthus* cultivation is an important component of sustainable crop production under climate change and will help of crop adaptation in response to global warming and pollution.

References

1. Lewandowski I., Clifton-Brown J., Trindade L.M., van der Linden G.C., Schwarz K.-U., Müller-Sämann K., Anisimov A., Chen C.-L., Dolstra O., Donnison I.S. et al. Progress on Optimizing *Miscanthus* Biomass Production for the European Bioeconomy: Results of the EU FP7 Project OPTIMISC. *Front. Plant Sci.* 2016. 7: 1620.
2. Pidlisnyuk V., Stefanovska T., Lewis E. E., Erickson L. E. & Davis L. C.. *Miscanthus* as a Productive Biofuel Crop for Phytoremediation, *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2014. 33(1): 1-19. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2014.847616>.
3. Pidlisnyuk V., Mamirova A., Newton R.A., Stefanovska T., Zhukov O., Tsygankova V., and Shapoval P. The role of plant growth regulators in *Miscanthus × giganteus* utilisation on soils contaminated with trace elements. *Agronomy*. 2022. 12(12): 2999.
4. Tsygankova V. A., Blyuss K. B., Shysha E. N., Biliavska L. A., Iutynska G. A., Andrushevich Y. V., Ponomarenko S. P., Yemets A.I. and Blume Y. B.. Using Microbial Biostimulants to Deliver RNA Interference in Plants as an Effective Tool for Biocontrol of Pathogenic Fungi, Parasitic Nematodes and Insects. Chapter 6. P. 205-319. In: "Research Advances in Plant biotechnology". Series: Plant Science Research and Practices / Ed. Ya.B. Blume. USA: Nova Science Publishers, Inc., 2020. 270 p.
5. Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Pilyo S.H., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Enhancing Sorghum Productivity with Methyur, Kamethur, and Ivin Plant Growth Regulators. *Biology and Life*

**ВИКОРИСТАННЯ ЧАРКОРУ ТА КАМЕТУРУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ
РОСТУ ТА ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО НА ҐРУНТАХ,
ЗАБРУДНЕНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ**

Валентина ПІДЛІСНЮК

Університет Яна Евангеліста Пуркіне, Чехія

<https://orcid.org/0000-0002-1489-897X>

Вікторія ЦИГАНКОВА

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-8036-6488>

Тетяна СТЕФАНОВСЬКА

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

<http://orcid.org/0000-0002-7522-5197>

Артем МЕДКОВ

Інститут агроекології і природокористування НААН, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-9305-8767>

Степан ПІЛЬО

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-7089-1393>

Володимир БРОВАРЕЦЬ

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-6668-3412>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.302517>

Ключові слова: мікроелементи, Міскантус гігантський, ґрунт, Каметур, Чаркор.

Анотація

Досліджено вплив полікомпонентного біостимулятора Чаркор та синтетичного регулятора росту рослин Каметур на ріст міскантусу гігантського (*Miscanthus× giganteus*) на забруднених мікроелементами (МЕ) ґрунтах. При вирощуванні М×g на більш забрудненому ґрунті Всеборице Каметур сприяв збільшенню біомаси листя і стебла (57,1 і 126%, відповідно), тоді як Чаркор збільшував лише біомасу листя (49,5%) на забрудненому ґрунті. У ґрунті Хомутова Чаркор збільшував накопичення елементів, необхідних для розвитку рослин (ЕРР) та потенційно токсичних елементів (ПТЕ) у листках на 12,4 та 21,2% відповідно; Каметур призводив до значно більшого накопичення елементів обох груп у листках - на 93,1 та 69,5% відповідно. Накопичення в стеблах мало іншу тенденцію: Чаркор зменшував накопичення елементів ЕЕ і ПТЕ в стеблі на 33,3 і 11,4%, відповідно; Каметур зменшував накопичення ЕЕ на 11,4% і збільшував накопичення ПТЕ на 23,3% в стеблі. Отримані результати підтвердили перспективність використання Каметуру та Чаркору для покращення процесів росту та фітореємедіації *Miscanthus× giganteus* на ґрунтах, забруднених мікроелементами (МЕ).



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304936>

LAND SURFACE TEMPERATURE AND FORESTED LAND COVERS: FASTIV REGION CASE STUDY

Lesya RATUSHNIUK, Tamara DUDAR

National Aviation University

1 Lubomyra Guzara ave, Kyiv, 03058, Ukraine

e-mail: lesia.ratushniuk02@gmail.com

Abstract

This study presents the characterization and classification of landscape cover using the example of Fastiv region of Kyiv oblast using Sentinel-5 images. The percentage of forest massif coverage of the territory of Fastiv region for the period 2016-2022 is shown. And the average air temperature for the summer period (July) on the territory of the same region, during 2016-2022. The graphs are interdependent, the smaller the area of forests, the higher the average temperature in summer. This deserves attention for the future management of the territories of the united territorial communities. This type of codependency should be done for each UTC in Ukraine, as it will help in managing their territories, assessing the impact on human health, and taking measures to preserve forest areas.

Keywords: *land surface temperature, landscape cover classification, united territorial community's management.*

The relationship between vegetation cover and the thermodynamics of the earth's surface is a critically important aspect, especially in the context of urbanization and climate change. Grass and forest cover play an important role in regulating Earth's surface temperature through processes such as shading, evaporation, and absorption and reflection of solar radiation. As urban areas expand, natural landscapes are often replaced by impervious surfaces, such as concrete and asphalt, that absorb and retain heat more effectively [1]. This transformation leads to the formation of urban heat islands (UHIs), where temperatures in urban areas are significantly higher than in rural areas.

Studying how grassy and forested areas influence surface heating and contribute to or mitigate the heat island effect is critical to developing strategies to improve urban sustainability and resilience. Vegetation not only provides shade, but also contributes to the cooling process through evaporation, when water is transferred from the soil and plants into the atmosphere. Forests, with their dense canopies, are particularly effective at reducing surface temperature, while grasslands, although less dense, still offer significant cooling advantages compared to built environments.

The Fastiv region will help us see the interdependence between the area covered by the forest and the average temperature in summer. Having a map of landscape cover classification for the Fastiv region, we can calculate the area of forests in this area during 2016-2022 [2].

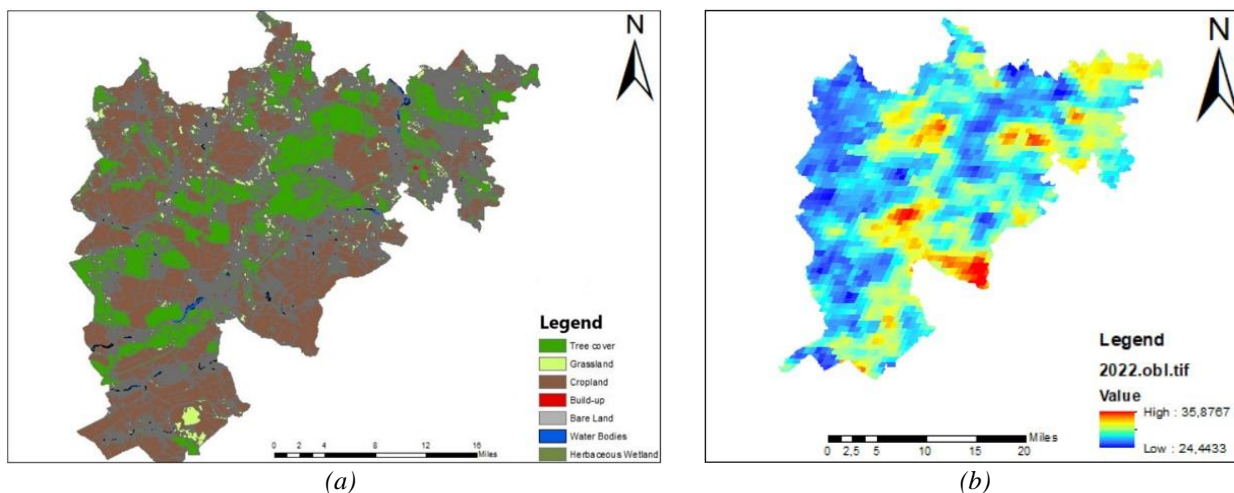


Fig. 1 Fastiv region: landscape cover classification (a) and surface temperature (b)

Also, with the temperature map, we can calculate the average summer temperature from 2016-2022 (table 1). Each pixel represents a different temperature indicator. Having received this data, we can convert it into a table of interdependence.

Table 1. The area covered by forest and the value of the average temperature

Years	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Temperatures	28.7	30.8	29.5	30.9	28.4	27.5	29.5
Trees	67394.81	60799.7	69619.39	63237.76	62396.66	63203.16	62460.69

At first glance, it is difficult to notice the co-dependence of the area covered by forests and the average temperature (Fig. 2 and 3).

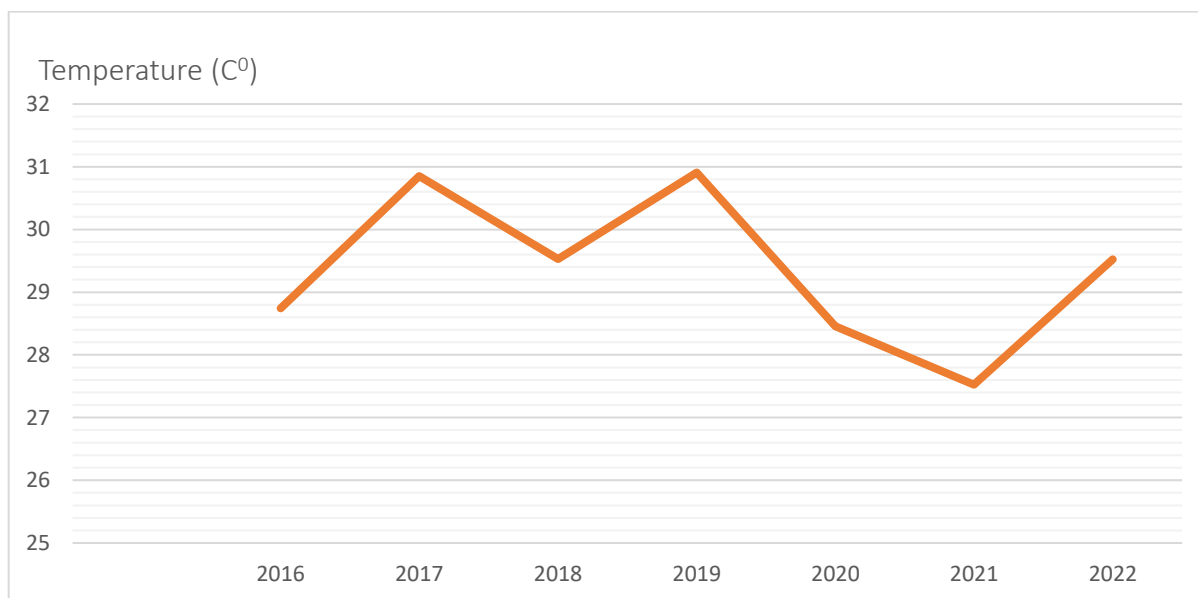


Fig. 2. Heating temperature of the earth's surface for the period 2016-2022

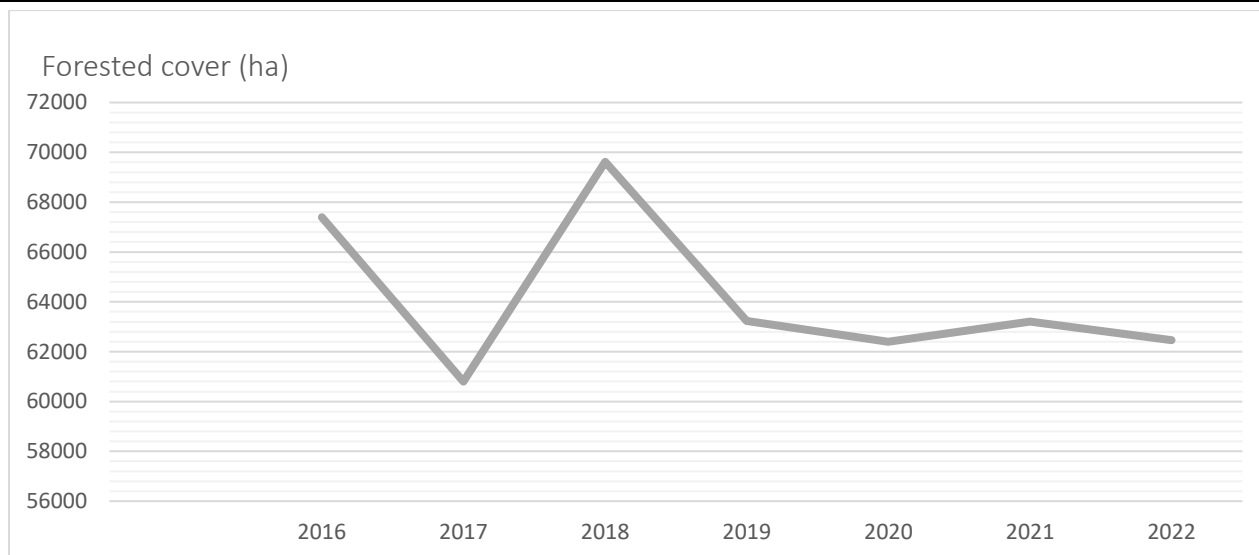


Fig. 3. Forest coverage area for the period 2016-2022

The interdependence between the two graphs becomes apparent when we compare the decrease in forest cover with the increase in summer temperatures. The inverse relationship indicates that average summer temperatures increase as forested areas decrease. This relationship can be explained by several key factors:

1. Loss of shading and cooling effects: forests provide significant shading and cooling through evaporation, when water is transferred from the soil and plants into the atmosphere, reducing surface temperatures. With fewer forests, there is less natural cooling, leading to higher temperatures.

2. Increased absorption of solar radiation: deforested areas are often inferior to surfaces that absorb more solar radiation, such as urban environments or agricultural fields, which do not reflect sunlight as effectively as forest canopies. This leads to better heat preservation and an increase in surface temperature.

3. Formation of heat islands: reduction of forest cover, especially in towns (settlements), contributes to the formation of urban heat islands (UHI). These are areas where the temperature is significantly higher than in the surrounding areas due to the concentration of buildings, roads and other heat-absorbing structures. The lack of cooling forest cover increases this effect.

In conclusion, analysis of the two graphs highlights a clear and troubling interdependence between declining forest cover and rising average summer temperatures. When forests disappear, the Earth's surface loses an important cooling mechanism, leading to higher temperatures and more intense heat waves. This highlights the importance of preserving and restoring forested areas as a strategy to mitigate rising temperatures and combat the negative effects of climate change. Reforestation and sustainable land management practices are essential to reversing these trends and ensuring a more stable and cooler climate in the future.

References

1. Комплексна металогенічна карта України. Поясн. записка, 1 : 500 000/УкрДГПІ / А. С. Войновський, Л. В. Бочай, С. В. Нечаєв та ін. , Державна геологічна служба Мінекоресурсів України. Київ, 2002. 336 с.

2. T. V. Dudar, O.V. Titarenko, L. A. Ratushniuk 2023: XXIII International Scientific and Practical Conference "Ecology. Man. Society"- 207-209 p.
<http://ecoconference.kpi.ua/article/view/291686>.

ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ ТА ЛІСИСТІТЬ ТЕРИТОРІЙ:
ПРИКЛАД ФАСТІВЩИНИ

Леся РАТУШНЮК

Національний авіаційний університет, Україна
<https://orcid.org/0009-0000-3290-8169>

Тамара ДУДАР

Національний авіаційний університет, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3114-9732>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304936>

Ключові слова: температура поверхні землі, класифікація ландшафтних покривів, управління територіями об'єднаних територіальних громад.

Анотація

У даному дослідженні представлено характеристику та класифікацію ландшафтного покриву на прикладі Фастівського району Київської області за допомогою знімків Sentinel-5. Показано відсоток покриття лісними масивами територію Фастівського району за період 2016-2022 роки. Та середню температуру поверхні землі за літній період (липень) на території цього ж району, протягом 2016-2022 років. Помічено співзалежність графіків, чим менша площа лісів - тим вища середня температура влітку. Це заслуговує на увагу для майбутнього управління територіями об'єднаних територіальних громад. Цей тип співзалежності варто зробити для кожної ОТГ в Україні, оскільки це допоможе в управлінні їх територіями, оцінці впливу на людське здоров'я та прийняття заходів щодо збереження лісових масивів.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304939>

INSECT SPECIES (INCLUDING PESTS AND POTENTIAL VIRUS TRANSMITTERS) RECORDED FROM HOP (*HUMULUS LUPULUS*) IN UKRAINE: A CHECKLIST

Nazarii SUS¹, Liliya JANSE², Anatolii ORLOVSKYI³

¹*Institute of Agroecology and Environmental Management
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
12, Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine*

²*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
9, Omelianovycha-Pavlenka Str., Kyiv, 01010, Ukraine*

³*Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
23, Sadova Str., Novosilky, Kyiv Oblast, 03027, Ukraine*

e-mail: email@nazariy-sus.com

Abstract

*Species checklists of various communities are used as datasets in numerous ecological, phytopathological, and bioinformatic research studies. However, notwithstanding that Ukraine is a traditional hop-growing country, no checklist of insect species recorded on the common hop (*Humulus lupulus* L.) in Ukraine has been compiled until now. Therefore, the study aimed to compile a checklist of insect species found on hop plants in Ukraine. As a result, 150 insect species recorded on *H. lupulus*, belonging to 115 genera, 41 families, and 8 orders are listed. Of these species, 12 have been determined as main pests of in Ukraine, and 14 species are also main hop pests worldwide. The compiled checklist can be used in further studies on putative vectors of hop pathogens, species diversity, and richness in communities associated with hop plants, as well as in the development of more effective hop pest control measures.*

Key words: *Humulus lupulus, insect, pest, dataset.*

In the framework on a broader study on hop viruses and their (possible) insect vectors found on hop (as commensals, transients, occasional or common pest) a checklist on all insects recorded on hop is of obvious importance [1-3]. Moreover, it is important to compare reports worldwide on insect pests of hop with the insects that were recorded as true and recurrent pests in Ukraine. Therefore, a checklist on insects found on hop in Ukraine over the last 60 years was prepared where the main pests found in Ukraine [4] are indicated with an ^A and those occurring as important, recurrent pest worldwide but not reported from Ukraine with a ^B. When they are both mentioned worldwide and in Ukraine with ^{AB}. This time frame included the years where Ukraine belonged to the former USSR. The list was filtered to remove species that were reported from the former USSR but absent in Ukraine. The presence of the insect species in Ukraine was checked using, the GBIF, iNaturalist, and UkrBIN websites. Nomenclature including the Latin binomials has been updated according to [5].

**Checklist of insect species (including pests and potential virus transmitters) recorded from
hop (*Humulus lupulus*) in Ukraine**

1. Order **Coleoptera** Linnaeus, 1758 (7 families, 24 genera, 33 species):
 - 1.1. Family **Cerambycidae** Latreille, 1802 (1 genus, 1 species): *Lamia textor* (Linnaeus, 1758) [5-8];
 - 1.2. Family **Chrysomelidae** Latreille, 1802 (4 genera, 4 species): *Cassida vittata* Villiers, 1789 [5-7, 9-10], *Chaetocnema concinna*^B (Marsham, 1802) [11-12], *Galeruca tanacetii* (Linnaeus, 1758) [5-7, 11, 13], *Psylliodes attenuata*^{AB} (Koch, 1803) [5, 8, 10-12, 14-16];
 - 1.3. Family **Curculionidae** Latreille, 1802 (3 genera, 4 species): *Neoplinthus porculus* (J.C.Fabricius, 1802) [12], *Otiorhynchus ligustici*^{AB} (Linnaeus, 1758) [5-7, 10-12, 16], *O. tristis*^B (Scopoli, 1763) [5-7, 15], *Phyllobius pomaceus* Gyllenhal, 1834 [5-7, 10];
 - 1.4. Family **Elateridae** Leach, 1815 (3 genera, 6 species): *Agriotes lineatus*^{AB} (Linnaeus, 1767) [5-8], *A. obscurus*^{AB} (Linnaeus, 1758) [5-8], *A. sputator*^{AB} (Linnaeus, 1758) [5-8], *Hemicrepidius niger* (Linnaeus, 1758) [5-8], *Selatosomus aeneus* (Linnaeus, 1758) [5-8], *S. latus* (Fabricius, 1801) [5-8];
 - 1.5. Family **Geotrupidae** Latreille, 1802 (1 genus, 1 species): *Lethrus apterus* (Laxmann, 1770) [5-7, 10, 12];
 - 1.6. Family **Scarabaeidae** Latreille, 1802 (9 genera, 12 species): *Amphimallon solstitiale* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10, 12, 17], *Anomala dubia* (Scopoli, 1763) [5-7, 12], *A. errans* (Fabricius, 1775) [5-7, 12], *Holochelus aequinoctialis* (Herbst, 1790) [5-7, 12, 17], *H. vernus* (Germar, 1823) [7, 12], *Maladera holosericea* (Scopoli, 1772) [5-7, 10, 12, 14], *Melolontha hippocastani* Fabricius, 1801 [5-7, 12, 14, 17], *M. melolontha*^A (Linnaeus, 1758) [5-7, 8, 10, 16], *Pentodon idiota* (Herbst, 1789) [5-7, 12, 17], *Phyllopertha horticola* (Linnaeus, 1758) [5-7, 12, 14, 17], *Polyphylla fullo* (Linnaeus, 1758) [5-7, 8, 10], *Rhizotrogus aestivus* (Olivier, 1789) [5-7, 12]
 - 1.7. Family **Tenebrionidae** Latreille, 1802 (3 genera, 5 species): *Blaps halophila*^A Fischer de Waldheim, 1820 [5-8], *B. lethifera* Marsham, 1802 [5-8], *Crypticus quisquilius*^A (Linnaeus, 1760) [4-7], *Opatrum sabulosum* (Linnaeus, 1761) [5-8], *Pedinus femoralis*^A (Linnaeus, 1767) [5-8]
2. Order **Dermaptera** De Geer, 1773 (1 family, 1 genus, 2 species):
 - 2.1. Family **Forficulidae** Latreille, 1810 (1 genus, 2 species): *Forficula auricularia* Linnaeus, 1758 [5-7, 14, 17], *F. tomis* (Kolenati, 1846) [5-7, 10].
3. Order **Diptera** Linnaeus, 1758 (4 families, 8 genera, 14 species):
 - 3.1. Family **Agromyzidae** Fallén, 1823 (3 genera, 6 species): *Agromyza flaviceps* Fallén, 1823 [6, 8, 10-11, 14, 16, 18-19], *A. igniceps* Hendel, 1920 [5-6, 8, 10-11, 14, 16, 18-19], *A. reptans* Fallén, 1823 [5, 10, 14, 18], *Liriomyza strigata* (Meigen, 1830) [5-6, 10], *Phytomyza atricornis* (Meigen, 1838) [6, 8, 11], *P. horticola* Goureaux, 1851 [5-7, 14];
 - 3.2. Family **Bibionidae** Fleming, 1821 (2 genera, 4 species): *Bibio hortulanus* (Linnaeus, 1758) [5-8], *B. johannis* (Linnaeus, 1767) [5, 7, 11, 14, 18], *Dilophus febrilis* (Linnaeus, 1758) [5-7, 11, 14, 18], *D. femoratus* Meigen, 1804 [14, 18];
 - 3.3. Family **Cecidomyiidae** Newman, 1835 (1 genus, 1 species): *Contarinia humuli* (Theobald, 1909) [10, 14];
 - 3.4. Family **Tipulidae** Latreille, 1802 (2 genera, 3 species): *Nephrotoma appendiculata* subsp. *appendiculata* (Pierre, 1919) [6-7, 10], *N. scalaris* (Meigen, 1818) [6-7, 10], *Tipula paludosa* Meigen, 1830 [5, 710-11, 14, 18, 20].
4. Order **Hemiptera** Linnaeus, 1758 (9 families, 20 genera, 24 species):

- 4.1. Family **Aphididae** Latreille, 1802 (2 genera, 3 species): *Aphis craccivora* Koch, 1854 [6, 7, 10], *A. fabae*^B Scopoli, 1763 [6, 7, 10], *Phorodon humuli*^{AB} (Schrank, 1801) [5, 7, 8, 10, 14, 16, 21-22];
- 4.2. Family **Cercopidae** Leach, 1815 (1 genus, 1 species): *Cercopis vulnerata* Rossi, 1807 [5-7, 21];
- 4.3. Family **Cicadellidae** Latreille, 1802 (7 genera, 8 species): *Cicadella viridis* (Linnaeus, 1758) [5-7, 8, 10, 16], *Eupteryx atropunctata* (Goeze, 1778) [21], *Evacanthus interruptus* (Linnaeus, 1758) [6-7, 10, 16-17, 21], *Hebata solani* (Curtis, 1846) [10, 16-17], *H. vitis* (Göthe, 1875) [6, 10, 17], *Kyboasca bipunctata* (Oshanin, 1871) [17], *Macrosteles laevis* (Ribaut, 1927) [8, 21], *Ziczacella heptapotamica* (Kusnezov, 1928) [10, 14, 21, 24];
- 4.4. Family **Coreidae** Leach, 1815 (1 genus, 1 species): *Coreus marginatus* (Linnaeus, 1758) [5-8, 16];
- 4.5. Family **Flatidae** Spinola, 1839 (1 genus, 1 species): *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) [5-7, 25-26];
- 4.6. Family **Miridae** Hahn, 1831 (5 genera, 7 species): *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778) [5-8], *A. vandalicus* (Rossi, 1790) [5-7, 16], *Apolygus spinolae* (H.Meyer-Dur, 1841) [6-7, 21], *Closterotomus fulvomaculatus* (De Geer, 1773) [5-8, 16, 21], *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758) [5-8], *Polymerus cognatus* (Fieber, 1858) [5-6, 8], *P. vulneratus* (Panzer, 1805) [5-8];
- 4.7. Family **Ortheziidae** Amyot & Serville, 1843 (1 genus, 1 species): *Orthezia urticae* (Linnaeus, 1758) [5-7, 10];
- 4.8. Family **Pentatomidae** Leach, 1815 (1 genus, 1 species): *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) [5-8];
- 4.9. Family **Tingidae** Laporte, 1832 (1 genus, 1 species): *Tingis pilosa* Hummel, 1825 [5-7, 27].
5. Order **Hymenoptera** Linnaeus, 1758 (1 family, 1 genus, 1 species):
- 5.1. Family **Tenthredinidae** Latreille, 1802 (1 genus, 1 species): *Caliroa annulipes* (Klug, 1816) [5, 7-8, 10-11, 14, 16, 18, 28].
6. Order **Lepidoptera** Linnaeus, 1758 (14 families, 53 genera, 65 species):
- 6.1. Family **Cosmopterigidae** Heinemann & Wocke, 1876 (1 genus, 1 species): *Cosmopterix zieglerella* (Hübner, 1810) [5-8, 10, 29-30];
- 6.2. Family **Crambidae** Latreille, 1810 (4 genera, 4 species): *Loxostege sticticalis* Linnaeus, 1761 [5-8, 10, 14], *Ostrinia nubilalis*^{AB} Hübner, 1796 [5-8, 10-11, 14, 16, 31], *Pleuroptya ruralis* Scopoli, 1763 [5-6, 8, 11, 31], *Udea olivalis* (Denis & Schiffermuller, 1775) [5, 7, 11, 31];
- 6.3. Family **Erebidae** (Leach, [1815]) (5 genera, 6 species): *Calliteara pudibunda* Linnaeus, 1758 [5-8, 10], *Euproctis similis* (Fuessly, 1775) [5-8, 10], *Hypena proboscidalis* (Linnaeus, 1758) [5-7, 10, 32-33], *H. rostralis* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10-11, 31-33], *Hyphantria cunea*^B (Drury, 1773) [5-7, 34], *Orgyia antiqua* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10];
- 6.4. Family **Geometridae** Leach, 1815 (4 genera, 4 species): *Abraxas grossulariata* (Linnaeus, 1758) [5-8], *Biston betularia* (Linnaeus, 1758) [5-8], *Eupithecia assimilata* Doubleday, 1856 [5-8, 10, 31], *Lycia hirtaria* (Clerck, 1759) [5-8, 10, 31];
- 6.5. Family **Gracillariidae** Stainton, 1854 (1 genus, 1 species): *Caloptilia fidella* (Reutti, 1853) [5-7, 30-31];
- 6.6. Family **Hepialidae** Stephens, 1829 (2 genera, 2 species): *Hepialus humuli* (Linnaeus, 1758) [5-6, 8, 10-11, 35-36], *Korscheltellus lupulina* (Linnaeus, 1758) [5-6, 8, 11, 35-36];
- 6.7. Family **Lasiocampidae** Harris, 1841 (1 genus, 1 species): *Trichiura crataegi* (Linnaeus, 1758) [5-7; 31];
- 6.8. Family **Lyonetiidae** Stainton, 1854 (1 genus, 1 species): *Lyonetia clerkella* (Linnaeus, 1758) [5-7, 30, 35].

6.9. Family **Noctuidae** Latreille, 1809 (21 genera, 25 species): *Abrostola triplasia* (Linnaeus, 1758) [5-7, 32-33], *Acronicta psi* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10], *A. rumicis* Linnaeus, 1758 [5-8, 10-11, 31], *Agrotis exclamationis* (Linnaeus, 1758) [5-8], *A. ipsilon* (Hufnagel, 1766) [5-8], *A. segetum* (Denis & Schiffermüller) 1775 [5-8, 16], *Anarta trifolii* Hufnagel, 1766 [5-8], *Anorthoa munda* (Denis & Schiffermüller) 1775 [5-7, 11, 31, 33], *Autographa gamma* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10], *Ceramica pisi* Linnaeus, 1758 [5-8], *Euxoa tritici* Linnaeus, 1761 [5-8], *Gortyna flavago* (Denis & Schiffermüller) 1775 [5-7, 10], *Heliothis virescens* (Hufnagel, 1766) [5-8], *Hydraecia micacea*^B Esper, 1789 [5-8, 10-11, 16, 31, 33], *Lacanobia oleracea* Linnaeus, 1758 [5-8], *L. suasa* (Denis & Schiffermüller), 1775 [5-8, 33], *Mamestra brassicae* Linnaeus, 1758 [5-8], *Melanchra persicariae* Linnaeus, 1761 [5-8, 11, 31, 33], *Naenia typica* Linnaeus, 1758 [5, 8, 11, 31], *Ochropleura plecta* Linnaeus, 1761 [5-7, 11, 31, 33], *Orthosia incerta* Hufnagel, 1766 [5-7, 11, 31], *Phlogophora meticulosa* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10, 11], *Trachea atriplicis* (Linnaeus, 1758) [5-8], *Xestia c-nigrum*^{AB} (Linnaeus, 1758) [5-8], *Xylena exsoleta* Linnaeus, 1758 [5-8, 10, 31, 33];

6.10. Family **Nymphalidae** Rafinesque, 1815 (3 genera, 6 species): *Aglais io* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10-11, 31], *A. urticae* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10, 31], *Polygonia c-album* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10-11, 31], *P. vaualbum* (Denis & Schiffermüller), 1775 [5, 31], *Vanessa atalanta*^B (Linnaeus, 1758) [5-7, 31], *V. cardui* (Linnaeus, 1758) [5-8];

6.11. Family **Pieridae** Swainson, 1820 (1 genus, 2 species): *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758) [5-8], *P. rapae* (Linnaeus, 1758) [5-8];

6.12. Family **Pyalidae** Latreille, 1809 (1 genus, 1 species): *Aphomia zelleri* de Joannis, 1932 [5-7, 11, 31];

6.13. Family **Sphingidae** Latreille, 1802 (1 genus, 1 species): *Smerinthus planus* Walker, 1856 [10, 37];

6.14. Family **Tortricidae** Latreille, 1803 (7 genera, 10 species): *Adoxophyes orana* (Fischer von Röslerstamm, 1834) [5-7, 10-11, 35, 38], *Clepsis spectrana* (Treitschke, 1830) [5-7, 35, 38], *Cnephasia asseclana* (Denis & Schiffermüller, 1775) [5-6, 35], *C. pasiuana* (Hübner, 1796-1799) [5, 35], *Grapholita delineana* Walker, 1863 [5-7, 11, 14, 35], *G. discretana* (Wocke, 1861) [6-8], *Pandemis cerasana* (Hübner, 1786) [5-8], *P. heparana* (Denis & Schiffermüller, 1775) [5-7, 11, 35, 38], *Sparganothis pilleriana* (Denis & Schiffermüller, 1775) [5-8, 35, 38], *Tortrix viridana* (Linnaeus, 1758) [5-6, 38].

7. Order **Orthoptera** Latreille, 1793 (3 families, 4 genera, 4 species):

7.1. Family **Acrididae** MacLeay, 1819 (2 genera, 2 species): *Dociostaurus brevicollis* (Eversmann, 1848) [5-6, 14, 21], *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) [5-7, 21];

7.2. Family **Gryllotalpidae** Saussure, 1870 (1 genus, 1 species): *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758) [5-8, 10, 16];

7.3. Family **Tettigoniidae** Krauss, 1902 (1 genus, 1 species): *Tettigonia viridissima* (Linnaeus, 1758) [5-7, 10, 14].

8. Order **Thysanoptera** Haliday, 1836 (2 families, 3 genera, 7 species):

8.1. Family **Phlaeothripidae** Uzel, 1895 (1 genus, 1 species): *Haplothrips subtilissimus* (Haliday, 1852) [10, 14];

8.2. Family **Thripidae** Stephens, 1829 (2 genera, 6 species): *Oxythrips cannabensis* Knechtel, 1923 [10, 16-17], *Thrips albopilosus* Uzel, 1895 [10, 14, 16-17, 21, 39], *T. alni* Uzel, 1895 [10, 14, 16-17, 39], *T. angusticeps* Uzel, 1895 [14, 17], *T. physapus* Linnaeus, 1758 [10, 14, 17], *T. tabaci* Lindeman, 1889 [5, 7-8, 10, 14, 16-17].

In conclusion, 150 insect species belonging to 115 genera, 41 families, and 8 orders were found on hop in Ukraine. Of these species 12 were recorded so far as important and recurrent pests in Ukraine, of which 8 are also found worldwide [40-42]. In this checklist, the most represented order,

family, and genus were the order Lepidoptera Linnaeus, 1758, the family Noctuidae Latreille, 1809, and the genus *Thrips* Linnaeus, 1758, respectively. The compiled checklist can be used as a dataset for various phytopathological and ecological studies, or as supplementary information for the identification of hop pests.

References

1. Poulin R., Besson A. A., Morin M. B., Randhawa H. S. Missing links: testing the completeness of host-parasite checklists. *Parasitology*. 2015. Vol. 143. №1. P. 114-122. <http://dx.doi.org/10.1017/s0031182015001559>
2. Penczykowski R. M., Laine A., Koskella B. Understanding the ecology and evolution of host-parasite interactions across scales. *Evolutionary Applications*. 2015. Vol. 9. №1. P. 37-52. <http://dx.doi.org/10.1111/eva.12294>
3. Dilipsundar N., Chitra N., Gowtham V. Checklist of insect pests of sesame. *Indian Journal of Entomology*. 2019. Vol. 81. №4. P. 928. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8172.2019.00141.x>
4. ДСТУ 7031:2009. Рослинництво. Методи захисту хмелю від шкідників, хвороб та бур'янів. Чинний від 2011-07-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.
5. GBIF. GBIF. URL: <https://www.gbif.org/> (date of access: 22.05.2024).
6. iNaturalist. iNaturalist. URL: <https://www.inaturalist.org/> (date of access: 22.05.2024).
7. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. UkrBIN. URL: <https://ukrbn.com/> (date of access: 22.05.2024).
8. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений / В. И. Абеленцев и др.; ред. В. П. Васильев, В. П. Омелюта. 2-е изд., испр. и доп. Киев : Урожай, 1989. Т. III: Методы и средства борьбы с вредителями, системы мероприятий по защите растений. 408 с.
9. Бровдій В. М. Фауна України / ред. Г. З. Долін. Київ : Наук. думка, 1983. Т. 19. Жуки-листоїди. Вип. 20. Щитоноски і шипоноски. 192 с.
10. Дмитриев Г. В. Таблица 26. Вредители хмеля. *Определитель сельскохозяйственных вредителей по повреждениям культурных растений* / ред. Г. Е. Осмоловский. Ленинград, 1976. С. 221–237.
11. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений / ред. В. П. Васильев. Киев : Урожай, 1974. Т. II: Вредные членистоногие (продолжение), позвоночные. 608 с.
12. Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур / ред. О. Л. Крыжановский. Ленинград: Наука, 1974. Т. II. Жесткокрылые. 336 с.
13. Бровдій В. М. Фауна України / ред. В. Г. Пучков. Київ : Наук. думка, 1973. Т. 19. Жуки-листоїди. Вип. 17. Галеруцини. 195 с.
14. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей технических культур в СССР / В. С. Великань и др. Л : Колос, 1981. 272 с.
15. Определитель насекомых Европейской части СССР / ред.: К. Л. Гурьева, О. Л. Крыжановский ; состав.: А. В. Алексеев и др. Москва - Ленинград : Издательство «Наука», 1965. Т. 2 : Жесткокрылые и веерокрылые. 668 с.
16. Трибель С. О., Струкова С. І. Шкідники і хвороби хмелю. Виявлення, обліки, визначення показників. Карантин і захист рослин. № 9(147). С. 22-28.
17. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений / С. И. Антонюк и др.; ред. В. П. Васильев. 2-е изд., испр. и доп. Киев : Урожай, 1987. Т. I: Вредные нематоды, моллюски, членистоногие. 440 с.
18. Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур / ред. Э. П. Нарчук, В. А. Тряпицын. Ленинград: Наука, 1981. Т. IV. Перепончатокрылые и двукрылые. 222 с.

19. Определитель насекомых Европейской части СССР / ред.: А. А. Штакельберг, Э. П. Нарчук ; состав.: А. А. Гербачевская и др. Ленинград : Издательство «Наука», 1970. Т. 5 : Двукрылые, блохи, Ч. 2. 944 с.
20. Савченко Є. М. Фауна України / ред. В. Г. Пучков. Київ : Наук. думка, 1966. Т. 14. Комаридовгоноги. Вип. 1. 552 с.
21. Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур / ред. О. Л. Крыжановский, Е. М. Данциг. Ленинград: Наука, 1972. Т. I. Насекомые с неполным превращением. 324 с.
22. Определитель насекомых Европейской части СССР / ред.: Г. Я. Бей-Биенко ; состав.: Г. Я. Бей-Биенко и др. Москва - Ленинград : Издательство «Наука», 1964. Т. 1 : Низшие, древнекрылые, с неполным превращением. 937 с.
23. Mostoviak I. I., Chelombitko A. F., Kalashnikov V. B., Borodai V. V., Demianiuk O. S. Analysis of the count of populations and harmfulness of phytophages of agrocenoses of grain cereals of the Central ForestSteppe of Ukraine. *Agroecological journal*. 2020. №3. P. 41-52. <http://dx.doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211525>
24. Nast J. The Auchenorrhyncha (Homoptera) of Europe. *Annales Zoologici*. 1987. Vol. 40 № 15. P. 536-661. <https://delphacid.s3.amazonaws.com/3371.pdf> (date of access: 22.05.2024).
25. Sus N., Janse L., Orlovskiy A. Distribution and host range of the citrus flatid planthopper (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)) in Kyiv. *Agrobiologîâ*. 2023. №2(183). P. 112-120. <http://dx.doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-112-120>
26. Yanse L., Sus N. *Metcalfa pruinosa* Say, 1830 as a new parasite of hop plants in Ukraine. *Balanced nature using*. 2023. №1. P. 74-81. <http://dx.doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278542>
27. Пучков В. Г. Фауна України / ред. Савченко Є. М. Київ : Наук. думка, 1974. Т. 21. Вип. 4. Беритиди, червоноклопи, пісматиди, підкорники і тингіди. 332 с.
28. Єрмоленко В. М. Фауна України / ред. В. Г. Осичнюк. Київ : Наук. думка, 1975. Т. 10. Рогохвости та пильщики. Вип. 3. Тентредоподібні пильщики. 378 с.
29. Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур / ред. В. И. Кузнецов. СПб.: Наука, 1994. Т. III. Чешуекрылые. Ч. 1. 316 с.
30. Определитель насекомых Европейской части СССР / ред.: М. И. Фалькович, Г. С. Медведев ; состав.: З. С. Гершензон и др. Ленинград : Издательство «Наука», 1981. Т. 4 : Чешуекрылые, Ч. 2. 788 с.
31. Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур / ред. В. И. Кузнецов. СПб.: Наука, 1999. Т. III. Чешуекрылые. Ч. 2. 410 с.
32. Ключко З. Ф. Фауна України / ред. Г. З. Долін. Київ : Наук. думка, 1978. Т. 16. Совки квадрифіноїдного комплексу. Вип. 6. Ніктеоліни, вусатки, стрічкарки, отреїни, евтеліїни, пантеїни, металовидки, яспідіїни. 415 с.
33. Ключко З. Ф., Плющ И. Г., Шешурак П. Н. Аннотированный каталог совок (Lepidoptera, Noctuidae) фауны Украины. Киев : Институт зоологии НАН Украины, 2001. 884 с.
34. Ігнатюк А. І., Руденко Ю. Ф., Плотницька Н. М. Виявлення, локалізація і ліквідація вогнищ американського білого метелика в Житомирській області. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2013. № 1(1). С. 100–108. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2013_1\(1\)_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2013_1(1)_17) (дата звернення: 21.05.2024).
35. Насекомые и клещи - вредители сельскохозяйственных культур / ред. В. И. Кузнецов. СПб.: Наука, 1994. Т. III. Чешуекрылые. Ч. 1. 316 с.
36. Определитель насекомых Европейской части СССР / ред.: М. И. Фалькович, Г. С. Медведев ; состав.: А. К. Загуляев и др. Ленинград : Наука, 1978. Т. 4 : Чешуекрылые, Ч. 1. 712 с.

37. Truskavetska I. Species diversity of lepidoptera families Sphingidae in the tract Rozhena Krynytsia Kanivsky district. *Ecological Sciences*. 2020. Vol. 3. №30. P. 188-191. <http://dx.doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.31>
38. Костюк Ю. О. Фауна України / ред. Г. З. Долін. Київ : Наук. думка, 1980. Т. 15. Листовійки. Вип. 10. Тортрицини (Tortricinae). 424 с.
39. Дядечко Н. П. Трипсы, или бахромчатокрылые насекомые (Thysanoptera) Европейской части СССР. Киев : Урожай, 1964. 388 с.
40. Gargani E., Faggioli F., Haegi A. A survey on pests and diseases of Italian Hop crops. *Italus Hortus*. 2018. №24. P. 1-17. <http://dx.doi.org/10.26353/j.itahort/2017.2.117>
41. *Field Guide for Integrated Pest Management in Hops* / Washington State University et al. 3rd ed. 2015. 106 p. URL: https://www.canr.msu.edu/uploads/234/71503/Hop_Field_Guide_Third_Edition.pdf (date of access: 27.05.2024).
42. Mahaffee W. F., Pethybridge S. J., Gent D. H. Part II. Arthropod Pests. *Compendium of Hop Diseases and Pests*. St. Paul, Minnesota, USA, 2009. P. 59–72.

**ВИДИ КОМАХ (ВКЛЮЧНО ЗІ ШКІДНИКАМИ ТА ПОТЕНЦІЙНИМИ
ПЕРЕНОСИКАМИ ВІРУСІВ), ВИЯВЛЕНІ НА ХМЕЛІ (HUMULUS LUPULUS)
В УКРАЇНІ: КОНТРОЛЬНИЙ СПИСОК**

Назарій СУС

Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6919-0920>

Лілія ЯНЦЕ

Національна академія аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2567-5907>

Анатолій ОРЛОВСЬКИЙ

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0100-5765>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304939>

Ключові слова: *Humulus lupulus*, комаха, шкідник, набір даних.

Анотація

Контрольні списки видів різних угруповань використовуються як набори даних у численних екологічних, фітопатологічних та біоінформатичних дослідженнях. Однак, попри те, що Україна є однією з традиційних хмелярських держав, досі не було складено жодного контрольного списку видів комах, виявлених на хмелі звичайному (*Humulus lupulus* L.) в Україні. Тому метою дослідження було скласти контрольний список видів комах, що трапляються на рослинах хмелю в Україні. В результаті 150 видів комах, виявлених на *H. lupulus*, які належать до 115 родів, 41 родини та 8 рядів було нараховано. З цих видів 12 були основними шкідниками хмелю в Україні, а 14 - основними шкідниками у світі. Складений контрольний список може бути використаний у подальших дослідженнях можливих переносників збудників хвороб хмелю, видового різноманіття та багатства угруповань, пов'язаних з рослинами хмелю, а також для розроблення ефективніших заходів з управління чисельністю шкідників хмелю.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305351>

THERMODYNAMIC PROGNOSIS FOR THE CREATION OF UNIVERSAL BIOENERGY AND ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGIES

Oleksandr TASHYREV^{1,2}, Vira HOVORUKHA^{1,2}, Olesia HAVRYLIUK¹,
Galyna GLADKA¹, Iryna BIDA¹

¹Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine
154 Zabolotny str., 03143, Kyiv, Ukraine

²Institute of Environmental Engineering and Biotechnology, University of Opole
ul. Kardynała Kominka 4 45-035, Opole, Poland

e-mail: tach2007@ukr.net

Abstract:

The work describes the creation on the basis of thermodynamic calculations of the complex approach for the simultaneous treatment of solid and liquid organic waste, obtaining of molecular hydrogen and removal of metals based of the spatial succession of microorganisms in direct flow installation. A complex system consisting of an anaerobic bioreactor for the degradation of solid organic waste, an aeration tank for the oxidation of dissolved organic compounds and the reduction of the concentration of microorganisms and an aquarium for the final purification of the filtrate was created. Such installation provided simultaneous and accelerated waste treatment. Thus, the proposed approach based on the thermodynamic calculations and spatial succession of microorganisms provided simultaneous effective treatment of the wide range of hazardous compounds such as solid and liquid organic waste, toxic metals as well as obtaining of green energy molecular hydrogen.

Key words: *spatial succession, organic waste, toxic metals, biotechnologies, hydrogen.*

There are three worldwide problems requiring urgent effective solution. The first one is the production of millions of tons of organic waste, causing landfill growth and environment pollution by toxic products of waste decay [1, 2]. The second problem is obtaining of ecofriendly energy carrier hydrogen for the development of Carbon free alternative energy [3]. The third problem is the removal of toxic waste from industrial sewage to avoid the pollution of natural ecosystems [4].

In this regard, the goal of the work was to develop the complex approach for the simultaneous treatment of solid and liquid organic waste, obtaining of molecular hydrogen and removal of metals based of the spatial succession of microorganisms in direct flow installation.

Spatial succession is a gradual change of the physiological groups of microorganisms in space under the condition of their simultaneous syntrophic functioning. As a result, a complex system consisting of an anaerobic bioreactor for the degradation of solid organic waste, an aeration tank for the oxidation of dissolved organic compounds and the reduction of the concentration of microorganisms and an aquarium for the final purification of the filtrate was created. Such installation provided simultaneous and accelerated waste treatment.

At the first stage, the anaerobic bioreactor provided effective hydrogen fermentation of solid organic waste. The effect took place due to the maintenance of optimal conditions $\text{pH} = 7.0$ and $E_h = -350 \dots -250 \text{ mV}$ established according thermodynamic calculations. Thus, the weight of waste 90-fold decreased (K_d) during 4 days (T). Hydrogen yield (VH_2) reached 80-90 L/kg of waste. Moreover, hydrogen-synthesizing microorganisms create the lowest redox potential ($E_0' = -414 \text{ mV}$) in the environment providing the reduction of high potential toxic metals such as CrO_4^{2-} ($E_0' = +555 \text{ mV}$) to insoluble non-toxic $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

At the second stage, the filtrate was purified from dissolved organic compounds in the aeration tank. Along the length of the installation, a change of the dominant groups of bacteria from coprotrophic to oligocarbophilic, protozoa, etc. was observed. The concentration of dissolved organic compounds 100-fold decreased from 500 mg/L to 5 mg/L counting to total Carbon.

At the third stage, the purified filtrate was fed to the model natural ecosystem of the aquarium, where it was finally purified and did not reveal a negative impact on aquatic organisms.

Thus, the proposed approach based on the thermodynamic calculations and spatial succession of microorganisms provided simultaneous effective treatment of the wide range of hazardous compounds such as solid and liquid organic waste, toxic metals as well as obtaining of green energy molecular hydrogen. This approach is promising for further improvement and industrial implementation for environment protection and alternative energy development.

References

1. Tashyrev, O.; Hovorukha, V.; Havryliuk, O.; Sioma, I.; Gladka, G.; Kalinichenko, O.; Włodarczyk, P.; Suszanowicz, D.; Zhuk, H.; Ivanov, Y. Spatial Succession for Degradation of Solid Multicomponent Food Waste and Purification of Toxic Leachate with the Obtaining of Biohydrogen and Biomethane. *Energies* **2022**, *15*, 911. <https://doi.org/10.3390/en15030911>
2. Siddiqua, A.; Hahladakis, J.; Al-Attiya, W. An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research* **2022**, *29*, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>
3. Qusay, H., Abdulateef A.M., Hafedh S.A., Al-samari A., Abdulateef J., Sameen A.Z., Salman H.M., Al-Jiboory A.K., Wieteska S., Jaszczur M. Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation. *International Journal of Hydrogen Energy* **2023**, *48*(46), 17383-17408. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.175>
4. Sathya, K., Nagarajan, K., Carlin Geor Malar, G. et al. A comprehensive review on comparison among effluent treatment methods and modern methods of treatment of industrial wastewater effluent from different sources. *Appl Water Sci* **2022**, *12*(70). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01594-7>.

**ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ПРОГНОЗ ДЛЯ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Олександр ТАШИРЕВ

Інститут екологічної інженерії та біотехнології, Польща, Інститут мікробіології та вірусології
НАН України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7698-5155>

Віра ГОВОРУХА

Інститут екологічної інженерії та біотехнології, Польща, Інститут мікробіології та вірусології
НАН України, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4265-5534>

Олеся ГАВРИЛЮК

Інститут мікробіології та вірусології НАН України, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2815-3976>

Галина ГЛАДКА

Інститут мікробіології та вірусології НАН України, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3855-1847>

Ірина БІДА

Інститут мікробіології та вірусології НАН України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7044-3339>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305351>

Ключові слова: *просторова сукцесія, органічні відходи, токсичні метали, біотехнології, водень.*

Анотація

Робота описує створення на основі термодинамічних розрахунків комплексного підходу до одночасної обробки твердих і рідких органічних відходів, отримання молекулярного водню та видалення металів на основі просторової сукцесії мікроорганізмів у прямоочній установці. Створена комплексна система, що складається з анаеробного біореактора для зброджування твердих органічних відходів, аеротенка для окислення розчинених органічних сполук і зниження концентрації мікроорганізмів і акваріума для остаточного очищення фільтрату. Таким чином, запропонований підхід, заснований на термодинамічних розрахунках і просторовій сукцесії мікроорганізмів, забезпечив одночасну ефективну очистку широкого спектру небезпечних сполук, таких як тверді та рідкі органічні відходи, токсичні метали, а також отримання зеленої енергії молекулярного водню.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305968>

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ НА ДЕГРАДАЦІЮ ҐРУНТУ

Лариса ЧЕРНЯК¹, Томаш МАНЄЦКІ², Радослав ЧЕШЕЛЬСКИ²,
Олександр МІХЄЄВ¹, Тетяна ДМИТРУХА¹

¹ Національний авіаційний університет
пр. Любомира Гузара, 1, Київ, 03580, Україна

² Лодзинський технічний університет
Стефана Жеромського 114, 90-543, м. Лодзь, Польща
e-mail: specially@ukr.net

Анотація

Авторами проаналізовано проблему забруднення нафтопродуктами ґрунтів на територіях транспортних підприємств. Досліджено вплив різної концентрації у ґрунтів авіаційного палива марки Джет А-1 та процесу фіторе mediaції на поліфенолксидазну активність ґрунту. Визначено стимулюючу дію процесу фіторе mediaції на поліфенолксидазну активність ґрунту, забрудненого авіаційним паливом.

Ключові слова: нафтопродукти, забруднення ґрунту, деградація ґрунту, відновлення порушених ґрунтів, фіторе mediaція.

Сучасний стан розвитку транспортної галузі супроводжується зростанням техногенного навантаження на довкілля. Для транспортної галузі, залежно від видів транспорту, що експлуатуються для здійснення перевезень, характерними є певні види впливів на довкілля. Серед основних видів впливу – фізичне та хімічне забруднення довкілля. Що стосується авіаційної галузі, то при забезпеченні авіатранспортних процесів довкілля зазнає значного навантаження внаслідок фізичного забруднення, зокрема шуму та електромагнітного навантаження та хімічного забруднення, пов'язаного з використанням різних видів хімічних речовин для забезпечення експлуатації авіаційної та наземної техніки та виконання інших технологічних операцій в аеропортах. До основних забруднюючих речовин, що потрапляють до навколишнього середовища при здійсненні планової діяльності аеропортів належать нафтопродукти. Причинами забруднення довкілля нафтопродуктами на територіях аеропортів є випаровування та витоки палив при зберіганні, транспортуванні, виконанні технологічних операцій перекачування палива та заправлення транспортних засобів. У результаті атмосферне повітря, стічні води та ґрунти на території аеропортів зазнають хімічного забруднення нафтовими вуглеводнями. Відомо, що нафта та нафтопродукти мають негативний вплив на стан ґрунтів, призводячи до витіснення кисню, зниження водопроникності, порушення мікробіологічних та біохімічних процесів, знижується здатність ґрунтів до самоочищення. Що, у свою чергу призводить до погіршення повітряного та водного режимів й порушення кореневого живлення рослин, наслідком чого є гальмується їх росту і розвиток. Наслідком чого є негативний вплив на біорізноманіття на територіях, забруднених нафтопродуктами [1-

3]. Отже, для техногенно навантажених територій транспортних підприємств, де відбувається інтенсивне забруднення ґрунтів нафтопродуктами, актуальним є питання дослідження впливу забруднення ґрунтів на їх ферментативну здатність та пошук способів відновлення природної ферментативної здатності ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.

Біотична деградація ґрунту забрудненого нафтопродуктами, відбувається в основному, за участю грибів і бактерій. При деградації нафтових вуглеводнів відбуваються зміни у мікробному угрупованні, що має відображення на ферментному пулі ґрунту [4]. Початковим етапом деструкції органічних забруднювачів є оксидативний процес, який каталізують ферменти класу оксидоредуктаз. Ключовими ґрунтовими оксидоредуктазами є дегідрогеназа, каталаза, поліфенолоксидаза [4].

Метою нашого дослідження було визначення впливу авіаційного палива марки Джет А-1 та фіторемедіації за участі вівса (*Avena sativa L.*) на поліфенолоксидазну активність ґрунту, штучно забрудненого авіаційним паливом. Об'єктом дослідження була поліфенолоксидазна активність ґрунту. Предмет дослідження – штучно забруднений авіаційним паливом марки Джет А-1 ґрунт.

Методика дослідження передбачала підготовку п'яти проб ґрунту у кількості 100 г, якими були заповнені чашки Петрі: проба чистого ґрунту (контроль без додавання нафтопродукту), проба ґрунт з додаванням 1 ОДК Авіаційного палива марки Джет А-1, ґрунт з додаванням 10 ОДК палива марки Джет А-1, проба ґрунт з додаванням 1 ОДК Авіаційного палива марки Джет А-1 та висівання 50-ти насінин вівса звичайного, ґрунт з додаванням 10 ОДК палива марки Джет А-1 та висівання 50-ти насінин вівса звичайного. Після підготовки проби ґрунту були зволожені відстояною водою у кількості 10 мл та розміщені у термостат за температури 22 °С для дослідження зміни ферментативної здатності на протязі 10 діб. На десяту добу з кожної з п'яти проб ґрунту було відібрано проби та визначено поліфенолоксидазну активність ґрунту за стандартною методикою (ДСТУ 7928:2015 Якість ґрунту. Визначення активності ґрунтового ферменту поліфенолоксидази фотоелектроколориметричним методом). Результати експериментального дослідження представлені на рис. 1.

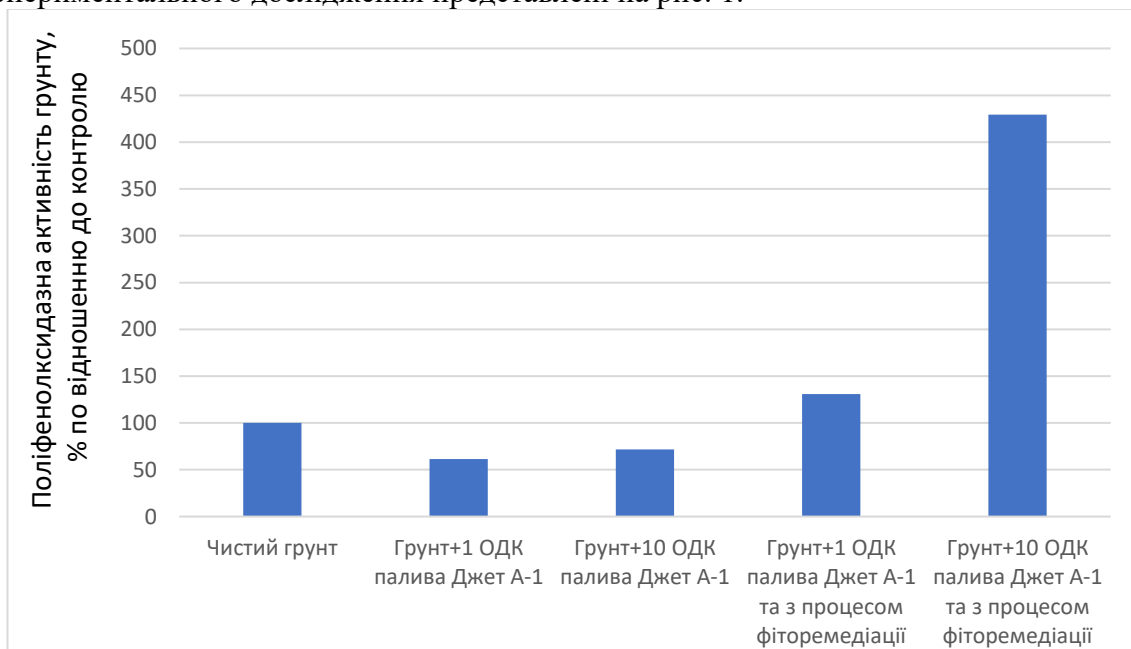


Рис. 1. Залежність поліфенолоксидазної активності ґрунту від концентрації нафтопродукту та наявності процесу фіторемедіації

У результаті аналізу отриманих даних можемо зробити висновок про вплив забруднення авіаційним паливом на поліфенолксидазну активність ґрунту. При чому зниження поліфенолксидазну активності спостерігається для концентрацій 1 ОДК та 10 ОДК у порівнянні з контролем. У той же час, застосування процесу фітореMediaції з використанням вівса звичайного позитивно впливає на призвело до підвищення поліфенолксидазної активності ґрунту.

Висновок. Отже, в результаті експериментальних досліджень встановлено залежність поліфенолксидазної активності ґрунту, від концентрації авіаційного палива марки Джет А-1. На 10-ту добу дослідження спостерігалось зниження поліфенолксидазної активності ґрунту, забрудненого авіаційним паливом марки Джет А-1, у порівнянні з контролем. Для проб ґрунту, забруднених паливом встановлено стимулюючу дію вівса на зростання поліфенолксидазної активності ґрунту, порівняно з контролем. Отже, підвищення ферментативної здатності ґрунту забрудненого нафтопродуктами при застосуванні процесу фітореMediaції вівсом звичайним свідчить про перспективність його використання у процесах відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.

Література

1. Боднарюк Р.М., Вакерич М.М., Петросова В.І., Ніколайчук В.І., Гасинець Я.С. Вплив забруднення нафтопродуктами на мікробіоценоз ґрунту та фітотоксичний ефект в умовах Ужгородського району Закарпаття. Науковий вісник Ужгородського університету Серія Біологія, Випуск 42 (2017): 86-93.
2. Джура Н.М., Подан І.Ю. Екологічні наслідки довготривалого нафтовидобутку на Старосамбірському родовищі. Вісник Львівського університету. Сер. біол. 2017. Вип. 76. С. 120–127.
3. Подан І.І., Джура Н.М. Діагностика і фітореMediaція нафтозабруднених природних і штучних наземних екосистем Старосамбірського нафтового родовища / Scientific developments of Ukraine and EU in the area of natural sciences : Collective monograph. Riga : Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2020. Р. 2. С. 541–556.
4. М. Мекіч, Л. Буньо, О. Терек. Оксидоредуктазна активність ґрунтів в умовах нафтового забруднення та фітореMediaції. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2021. Випуск 85. С. 35–44.

IMPACT OF PETROLEUM PRODUCTS POLLUTION ON SOIL DEGRADATION

Larysa CHERNIAK

National Aviation University , Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4192-3955>

Tomasz MANIECKI

Lodz University of Technology , Poland
<https://orcid.org/0000-0002-7687-7250>

Radoslaw CIESIELSKI

Lodz University of Technology, Poland
<https://orcid.org/0000-0002-0720-6875>

Olexandr MIKHYYEV

National Aviation University , Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4069-3625>

Tetiana DMYTRUKHA

National Aviation University, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0001-5195-9519>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305968>

Keywords: *petroleum products, soil pollution, soil degradation, restoration of disturbed soils, phytoremediation.*

Abstract

The authors analyzed the problem of soil pollution by oil products in the territories of transport enterprises. The effect of different concentrations of Jet A-1 aviation fuel in soils and the phytoremediation process on soil polyphenol oxidase activity was studied. The stimulating effect of the phytoremediation process on polyphenol oxidase activity of soil contaminated with aviation fuel was determined.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303521>

SnO₂ ЯК ЧУТЛИВИЙ ШАР У ГАЗОВИХ СЕНСОРАХ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЦІЛЕЙ

Євгенія ЮЗУПКИНА, Тетяна ДОНЦОВА

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, Київ, 03056, Україна

e-mail: yuzupkina.yevhenia@gmail.com

Анотація

У роботі представлені дослідження щодо золь-гель синтезу порошків стануму (IV) оксиду для використання їх у газових сенсорах. Прожарювання одержаних після золь-гель методу осадів проводили за температур 250 °С, 400 °С, 550 °С, які аналізували за допомогою рентгенівської дифракції та методом низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту.

Ключові слова: станум (IV) оксид, наночастинки, золь-гель, газовий сенсор, рентгенівська дифракція, пористі характеристики.

Газові сенсори, що визначають надлишковий вміст газових біомаркерів хвороб, є одним із перспективних неінвазивних методів індикації захворювання в організмі людини. Це пов'язано з тим, що такі пристрої можуть визначити невеликі концентрації летких органічних сполук зі швидкою реакцією та високою чутливістю. При цьому сенсори мають компактний розмір, низьку вартість та низьку потужність роботи за кімнатної температури [1].

Основними складовими хеморезистивних сенсорів для визначення газу у видихуваному повітрі є [2]: підкладка, чутливий шар, електроди, мікронагрівач і захисний шар (рисунк 1). Підкладку зазвичай виробляють з керамічних матеріалів (Al₂O₃ або SiO₂) для створення стабільної та ізолюючої основи для датчика. Платинові, нікелеві або золоті електроди необхідні для передачі зміни в електричному сигналі, який утворюється через взаємодію чутливого шару з цільовим газом. Нагрівальний елемент підтримує робочу температуру сенсору. Всі компоненти є важливими складовими для ефективної роботи газового сенсору, де чутливий шар має вирішальне значення, чутливість та селективність якого встановлюється експериментальним шляхом.

Нанорозмірні оксиди металів часто використовуються у газових сенсорах. Наприклад, для індикації такої хвороби, як діабет, у видихуваному людиною повітрі визначають надлишкові концентрації ацетону. Високу чутливість при аналізі останнього дають наступні оксиди металів [4]: WO₃, TiO₂, In₂O₃, ZnO, SnO₂. У цьому дослідженні увага приділяється станум (IV) оксиду, оскільки чутливий шар на основі даного наноматеріалу є високоселективним по відношенню до ацетону. Розрізняють [5] наступні поширені методи синтезу SnO₂: гідротермальний, випаровування, золь-гель, хімічне осадження з парової фази (CVD) та електроспінінг.

Метою даної роботи є золь-гель синтез наночастинок станум (IV) оксиду, а також їх характеристикація.

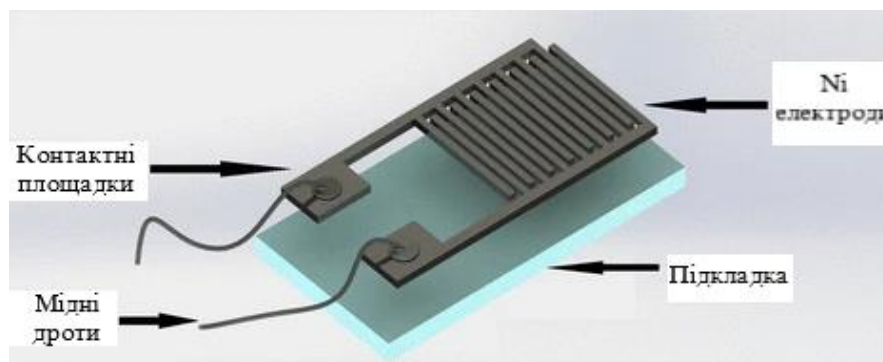


Рис. 1. Будова хеморезистивного газового сенсору [3]

Наважку $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ масою 3,51 г розчинили в 50 cm^3 дистильованої води в склянці, до якої додали 50 cm^3 поліетиленгліколю. Отриману суміш перемішували на магнітній мішалці і при цьому туди додавали по краплях 25 % водний розчин аміаку зі швидкістю 10 крапель/хвилину. Після додавання приблизно 70 крапель водного аміаку золь-гель утворювався приблизно протягом 7 хвилин. Отриманий гель фільтрували, а потім промивали дистильованою водою для видалення надлишку аміаку. Потім вміст фільтрувального паперу обережно переносили в тигель. Осад сушили при $100 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом 4 годин, а отриманий порошок прожарювали протягом 1 години за температур $250 \text{ }^\circ\text{C}$, $400 \text{ }^\circ\text{C}$, $550 \text{ }^\circ\text{C}$.

Рентгенівська дифракція була використана для отримання інформації про склад та структурні властивості отриманих нанопорошків. Отримані дифрактограми свідчать, що для кожної температури прожарювання утворюється фаза SnO_2 (каситерит). Деякі структурні характеристики отриманих зразків наведені у таблиці 1, з якої можна бачити, що із підвищенням температури зростає розмір кристалітів та збільшується ступінь кристалічності, що узгоджується з літературними даними [6].

Таблиця 1. Структурні параметри зразків SnO_2

Температура прожарювання, $^\circ\text{C}$	2θ	(hkl)	d, Å	Розмір кристалітів, Å	Параметри решітки		
					a	b	c
250	26,60°	(110)	3,349	23	4,759	4,759	3,202
	33,58°	(101)	2,666				
	51,72°	(211)	1,766				
400	26,94°	(110)	3,306	42	4,742	4,742	3,195
	33,86°	(101)	2,645				
	51,95°	(211)	1,759				
550	26,895°	(110)	3,312	101	4,731	4,722	3,181
	34,12°	(101)	2,625				
	51,99°	(211)	2,356				

Пористість та питому площу поверхню отриманих порошків SnO_2 визначали низькотемпературною адсорбцією/десорбцією азоту. На рисунку 2 зображено ізотерми адсорбції N_2 частинками станум (IV) оксиду з різними температурами прожарювання. Ізотерма адсорбції-десорбції зразку SnO_2 з температурою прожарювання $250 \text{ }^\circ\text{C}$ має тип I(b)

відповідно до класифікації IUPAC 2015 року [7]. Тип I(b) зустрічається у матеріалів, що мають розподіл розмірів пор у ширшому діапазоні, включаючи ширші мікропори та вузькі мезопори. За температури прожарювання 400 °C зразок станом (IV) оксиду має IV(a) тип ізотерми адсорбції азоту, яка притамана мезопористим адсорбентам. Прожарений за температури 550 °C зразок SnO₂ має ізотерму сорбції типу V, яка свідчить про відносно слабкі взаємодії адсорбент–адсорбат.

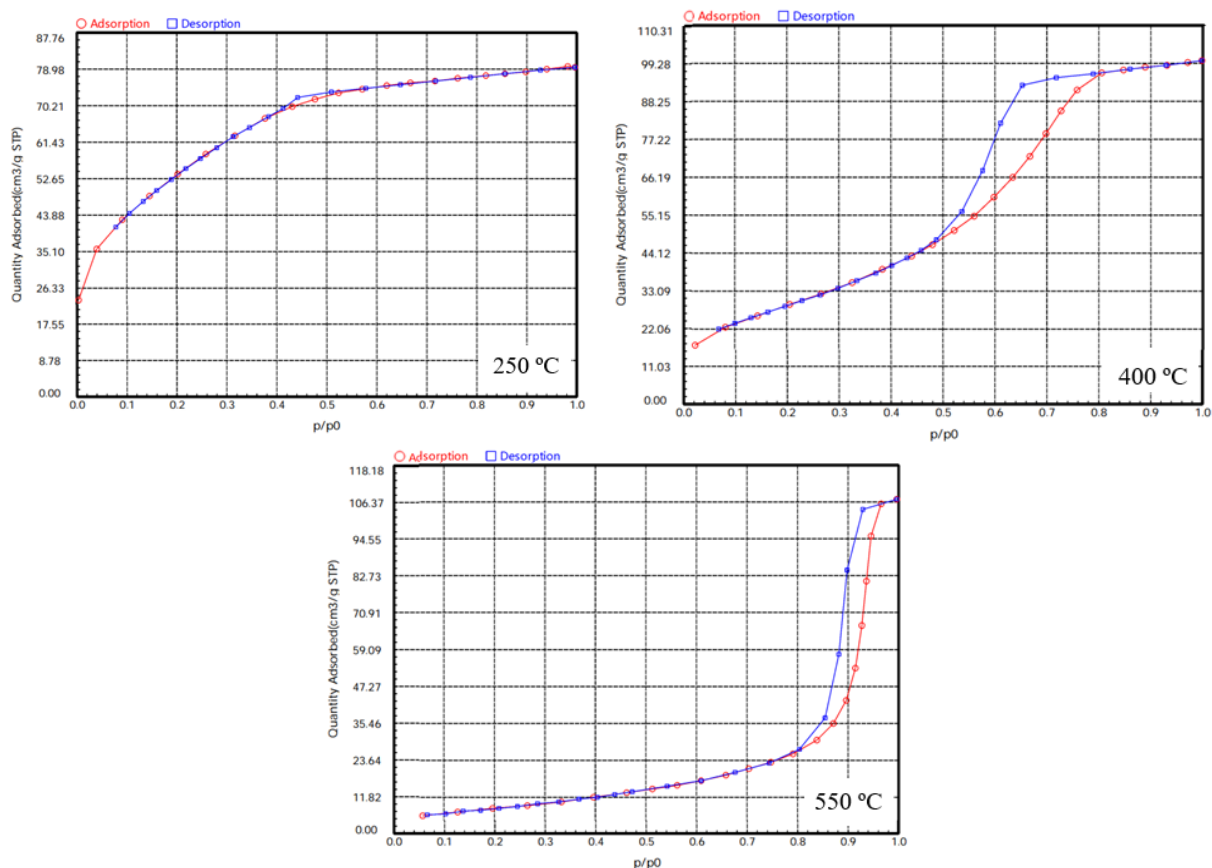


Рис. 2. Ізотерми адсорбції-десорбції азоту частинками SnO₂, отриманих за різних температур

У таблиці 2 наведені основні пористі характеристики – питома площа поверхні, об’єм пор та середній розмір пор для кожного зразку. Зі збільшенням температури прожарювання питома площа поверхня зменшується, що пов’язано із збільшенням розміру частинок та ступеня агломерації. Збільшення середнього діаметра пор відбувається за рахунок агломерації між частинками, що призводить до спікання пор із зменшенням однорідності розмірів і кількості пор [8].

Таблиця 2. Площа поверхні, об’єм пор та середній розмір пор частинок SnO₂

Температура прожарювання, °C	Площа поверхні (БЕТ), м ² /г	Загальний об’єм пор, см ³ /г	Середній розмір пор, нм
250	198,075	0,123	2,490
400	108,241	0,155	5,723
550	31,310	0,166	21,158

Таким чином, нанопорошки станум (IV) оксиду були синтезовані золь-гель методом. Їх характеристика за допомогою рентгенівської дифракції підтвердила, що за даних умов утворюється чиста фаза SnO₂ (каситериту) із тетрагональною структурою. Підвищення температури прожарювання при синтезі призводить до збільшення кристалітів. Аналіз пористої структури порошоків показав, що в усіх зразках переважають мезопори, розмір яких зростає відповідно до підвищення температури при синтезі.

У майбутньому планується детальніше дослідження впливу температури прожарювання на інші характеристики, а також аналіз впливу модифікаторів на властивості чутливого матеріалу, а також визначення електричних і сенсорних характеристик до певних газів.

Література

1. Lagopati, N.; Valamvanos, T.-F.; Proutsou, V.; Karachalios, K.; Pippa, N.; Gatou, M.-A.; Vagena, I.-A.; Cela, S.; Pavlatou, E.A.; Gazouli, M.; et al. The Role of Nano-Sensors in Breath Analysis for Early and Non-Invasive Disease Diagnosis. *Chemosensors* **2023**, *11*, 317. <https://doi.org/10.3390/chemosensors11060317>.
2. Wawrzyniak, J. Advancements in Improving Selectivity of Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors Opening New Perspectives for Their Application in Food Industry. *Sensors* **2023**, *23*, 9548. <https://doi.org/10.3390/s23239548>.
3. Tereshkov, M.; Dontsova, T.; Saruhan, B.; Krüger, S. Metal Oxide-Based Sensors for Ecological Monitoring: Progress and Perspectives. *Chemosensors* **2024**, *12*, 42. <https://doi.org/10.3390/chemosensors12030042>.
4. Masikini, M.; Chowdhury, M.; Nemraoui, O. Review—Metal Oxides: Application in Exhaled Breath Acetone Chemiresistive Sensors. *Journal of The Electrochemical Society* **2020**, *167* (3), 037537. <http://dx.doi.org/10.1149/1945-7111/ab64bc>.
5. Kong, Y.; Li, Y.; Cui, X.; Su, L.; Ma, D.; Lai, T.; Yao, L.; Xiao, X.; Wang, Y. SnO₂ nanostructured materials used as gas sensors for the detection of hazardous and flammable gases: A review. *Nano Materials Science* **2021**. <https://doi.org/10.1016/j.nanoms.2021.05.006>.
6. Aziz, M.; Saber Abbas, S.; Wan Baharom, W. R. Size-controlled synthesis of SnO₂ nanoparticles by sol-gel method. *Materials Letters* **2013**, *91*, 31–34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2012.09.079>.
7. Thommes, M. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry* **2016**, *38* (1), 25. <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>.
8. Gaber, A.; Abdel-Rahim, M. A.; Abdel-Latif, A. Y.; Abdel-Salam, M. N. Influence of Calcination Temperature on the Structure and Porosity of Nanocrystalline SnO₂ Synthesized by a Conventional Precipitation method. *International Journal of Electrochemical Science* **2014**, *9* (1), 81–95. [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)07699-X](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)07699-X).
9. Patel, G. H.; Chaki, S. H.; Kannaujiya, R. M.; Parekh, Z. R.; Hirpara, A. B.; Khimani, A. J.; Deshpande, M. P. Sol-gel synthesis and thermal characterization of SnO₂ nanoparticles. *Physica B: Condensed Matter* **2021**, *613*, 412987. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2021.412987>.

SnO₂ AS A SENSITIVE LAYER IN GAS SENSORS FOR MEDICAL PURPOSES

Yevheniia YUZUPKINA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-5101-925X>

Tetiana DONTSOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8189-8665>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303521>

Keywords: *tin (IV) oxide, nanoparticles, sol-gel, gas sensor, X-ray diffraction, porous characteristics.*

Abstract

The paper presents research on the sol-gel synthesis of tin (IV) oxide powders for gas sensors. The precipitates obtained after the sol-gel method were calcined at temperatures of 250 °C, 400 °C, 550 °C, which were analyzed using X-ray diffraction and the method of low-temperature nitrogen adsorption-desorption.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304003>

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ АЗОТОФІТ, ЛИПОСАМ ТА ОРГАНІК БАЛАНС НА ВІДНОСНУ ТУРГЕСЦЕНТНІСТЬ ТКАНИН ЛИСТКІВ *ZEА MAYS L.*

Дмитро ЯКОВЕНКО^{1,2}, Ярослава БУХОНСЬКА^{1,3}, Віра БОРОДАЙ^{2,4}

¹ТОВ "ТД БТУ-ЦЕНТР"

вул. Амосова, 1/34, Софіївська Борщагівка, Київська область, 08131, Україна

²Інститут агроєкології і природокористування НААН

вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

³Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України

вул. Академіка Кухаря, 1, м. Київ, 02094, Україна

⁴Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

e-mail: veraboro@gmail.com

Анотація

Досліджено відносний вміст води (RWC) у тканинах листків рослин кукурудзи гібриду Трістан ФАО 270, вирощених за умов стресу від посухи в умовах дослідної станції Інституту сільськогосподарства Північного Сходу НААН України (Сумська область). Дослідна ділянка зазнавала водного стресу через обмежену кількість опадів під час критичних фаз росту в травні та червні.

Метою нашого дослідження було оцінити вплив мікробіологічних препаратів на основі бактерій, що стимулюють ріст рослин (PGPB), та їх метаболітів, відомих своєю здатністю пом'якшувати водний стрес, на відносний вміст води у листках рослин кукурудзи, вирощеної за умов посухового стресу.

Встановлено суттєві відмінності між контрольними варіантами з рослинами кукурудзи та обробленими біопрепаратами ТОВ "ТД БТУ-ЦЕНТР": Азотофіт®, Липосам® та комплексом STOP-Стрес (Органік-Баланс® 0,5 л/га + Азотофіт® 0,3 л/га + Липосам® 0,25 л/га). Рослини кукурудзи, оброблені Органік-Баланс® 0,5 л/га + Азотофіт® 0,3 л/га + "Липосам®" 0,25 л/га, мали найвищий відносний вміст води (97,3%) порівняно з контролем (86,7%).

Ключові слова: відносний вміст води, листки кукурудзи, біологічні препарати, посуха.

Глобальні зміни клімату в найбільшому ступені впливають на рослинництво, згідно з прогнозами експертів, посуха спричинить значні втрати сільськогосподарських рослин на більш ніж 50% орних земель світу до 2050 року [1]. Рослини кукурудзи (*Zea mays L.*) мають високий потенціал врожайності, який потребує достатнього водопостачання. Втрати врожаю кукурудзи можуть становити від 30 до 90% залежно від інтенсивності або тривалості посухового стресу та фази розвитку культури, особливо на етапах цвітіння та наливу зерна. Одними з механізмів посухостійкості рослин, опосередкованої рістстимулювальними бактеріями PGPB (Plant-Grows Promotion Bacteria), як основи біопрепаратів, є підвищення

активності АСС-дезамінази, накопичення осмолітів, утворення екзополісахаридів (ЕПС), летких сполук, зміна фітогормональної активності, активація антиоксидантного захисту, транскрипційна активність генів посухостійкості.

Efthimiadou et al. (2020) досліджували вплив біостимуляторів рослин на основі *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium* та їх комбінацій на кукурудзу в середземноморських кліматичних умовах (спекотне сухе літо та прохолодна волога зима) шляхом ґрунтового та позакореневого внесення. Обробка *A. chroococcum* збільшувала швидкість фотосинтезу, вміст хлорофілу та інтенсивність транспірації. Найкращі врожаї кукурудзи були відмічені у рослин, оброблених *B. megatherium* та сумішшю *A. chroococcum* і *B. subtilis* (1:1) при зональному застосуванні [2]. Abd El-Daim et al. (2019) виявили значні метаболічні та молекулярні зміни, пов'язані зі здатністю *Bacillus velezensis* підвищувати стійкість до абіотичного стресу у пшениці [3]. Обробка рослин пшениці *Azotobacter chroococcum* та *Pseudomonas* sp. пом'якшувала стрес від посухи за рахунок анатомічних змін, таких як збільшення товщини епідермісу, мезофілу та тканин флоєми, діаметру судин ксилеми та розміру судинних пучків у кореневій системі [4].

Аналогічно, інокуляція PGPR *Pseudomonas putida* GAP-P45 покращувала біомасу рослин, відносний вміст води та водний потенціал листків за рахунок накопичення проліну в рослинах кукурудзи, що зазнали посухового стресу (Sandhya et al., 2010). Інокуляція рослин PGPR збільшує доступні концентрації проліну; значна кількість проліну зростала, коли рослини кукурудзи були інокульовані *P. fluorescens* під час посухового стресу [8].

Метою нашого дослідження було оцінити вплив мікробіологічних препаратів на основі бактерій, що стимулюють ріст рослин (PGPB), та їх метаболітів, відомих своєю здатністю пом'якшувати водний стрес, на відносний вміст води у тканинах листків кукурудзи, вирощеної за умов посухового стресу.

Дослідження були проведені протягом вегетаційного періоду 2021-2023 рр. на дослідній станції Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (Сумська область, Сумський район, с. Сад). У польових умовах вирощували кукурудзу гібриду Трістан ФАО 270. Дослідна ділянка зазнавала водного стресу через обмежену кількість опадів під час критичних фаз росту в травні та червні. Рослини кукурудзи обробляли біопрепаратами ТОВ "ТД БТУ-ЦЕНТР". Азотофіт-р® містить живі клітини азотфіксувальних бактерій та біологічно активні метаболіти, що стимулюють ріст, підвищують стійкість до стресів та збільшують врожайність сільськогосподарських культур. Липосам® містить оліго/полісахариди мікробного походження, є ефективним прилипачем, підвищує посухостійкість рослин. Органік-Баланс® містить азотфіксувальні, фосфор- і каліймобілізувальні бактерії, що стимулюють ріст рослин, біологічно активні мікробні сполуки, має фунгіцидні властивості за рахунок у складі мікроорганізмів-антагоністів *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus polymyxa* та ін., титр $1 \times 10^8 - 1 \times 10^9$ КУО/см³.

Обробку проводили у фазі 3-5 листків (ВВСН 13-15). Варіантами досліду були: 1 - Контроль, 2 - Органік баланс 0,5 л/га, 3 - Азотофіт 0,3 л/га, 4 - Липосам 0,5 л/га, 5 - Органік-Баланс 0,5 л/га + Азотофіт 0,3 л/га Липосам 0,25 л/га (комплекс STOP-Стрес). Визначення відносного вмісту води проводили ваговим методом [5] в умовах ТОВ «Інституту прикладної біотехнології».

Здатність сільськогосподарських культур підтримувати достатній водний статус та ефективно використовувати наявні ресурси є життєво важливою для їхнього росту та виживання в умовах дефіциту води. Вміст води в органах рослин відображає їх метаболічну активність. Розподіл води між вегетативними та репродуктивними органами є вирішальним аспектом розподілу ресурсів у культурах, що безпосередньо відображає їхню модель отримання та використання води. Під час посухового стресу відносний вміст води в тканинах

листіків знижується з майже 98% у повністю тургесцентних листках до 30-40% у висушених і відмираючих листках [6].

Дефіцит води негативно впливає на ріст і розвиток рослин, викликаючи низку змін на молекулярному та клітинному рівнях, що призводить до змін у фізіології та морфології рослин. Під час посухового стресу рослини сприймають сигнали стресу через рецептори та сенсори, що запускає загальний шлях трансдукції сигналу, який призводить до виробництва вторинних месенджерів і активації каскаду фосфорилування, спрямованого на білки, залучені в регуляцію генів захисту від стресу. Регульовані стресом гени та їхні продукти відіграють ключову роль у реакціях на стрес і толерантності до посухи, регулюючи клітинні та фізіологічні зміни, такі як накопичення осмолітів, захист мембран, нейтралізація активних форм кисню (АФК) і закриття продихів шляхом їх трансляції у функціональні білки. Проте природна реакція рослин на стрес від посухи не завжди достатня для забезпечення виживання рослин в умовах стресу від посухи [6].

Для подолання цього останнім часом увагу повернуто до використання біостимуляторів як сталої стратегії.

Результати досліджень показали, що за умов відсутності дощів у травні в умовах дослідної станції Інституту сільського господарства Північного Сходу рослини кукурудзи, оброблені Органік баланс 0,5 л/га + Азотофіт 0,3 л/га + Липосам 0,25 л/га мали найвищий відносний вміст води (97,3%) порівняно з контролем (86,7%). У решти варіантів цей показник коливався від 91,2 до 95,1%. Також встановлено, що найбільш суттєві відмінності рівнів експресії генів, пов'язаних з посухою, між контрольними рослинами кукурудзи та за дії біопрепаратів спостерігалися після обробки Азотофітом окремо, Липосамом окремо та комплексом (Органік баланс 0,5 л/га + Азотофіт 0,3 л/га + Липосам 0,25 л/га): у випадку ZmNHL1 відмінності досягали 5 та 4 разів, а ZmVPP1 – у 7 разів [7].

Таким чином, застосування біопрепаратів Органік- Баланс, Азотофіт та Липосам може бути ефективним інструментом у пом'якшенні водного стресу та підвищенні посухостійкості рослин кукурудзи.

Література

1. Fahad S., Bajwa A. A., Nazir U., et al. Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options. *Front. Plant Sci.* 2017. № 8. P. 1147. doi: 10.3389/fpls.2017.01147
2. Efthimiadou, A., Katsenios, N., Chanioti, S., Giannoglou, M., Djordjevic, N., & Katsaros, G. (2020). Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions. *Scientific reports*, 10(1), 21060. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78034-6>
3. Abd El-Daim, I.A., Bejai, S. & Meijer, J. (2019). *Bacillus velezensis* 5113 Induced and molecular reprogramming during abiotic stress tolerance in wheat. *Sci Rep.* 9, 16282 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52567-x>
4. El-Afry M. M. (2012). "Anatomical studies on drought-stressed wheat plants (*Triticum aestivum* L.) treated with some bacterial strains", *Acta Biologica Szegediensis*, 56(2), pp. 165–174. Available at: <https://abs.bibl.u-szeged.hu/index.php/abs/article/view/2782>
5. Великий практикум з фізіології та біохімії рослин (біохімічні методи досліджень): навчальний посібник. Видання друге, перероблене та доповнене / Ю. Г. Приседський. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 418 с.
6. Gontia-Mishra I., Sapre S., Sharma A., & Tiwari S. Amelioration of drought tolerance in wheat by the interaction of plant growth-promoting rhizobacteria. *Plant biology* (Stuttgart, Germany). 2016. № 18(6). P 992–1000. <https://doi.org/10.1111/plb.12505>

7. Болоховський В.В., Зелена Л.Б., Яковенко Д.О. Аналіз рівня експресії генів посухостійкості кукурудзи за дії біопрепаратів. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С.142-145.

8. Vurukonda S. S., Vardharajula S., Shrivastava M., & SkZ A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological research*, 184, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>

**THE EFFECT OF AZOTOFIT, LIPOSAM AND ORGANIC BALANCE ON THE
RELATIVE TURGENCY OF ZEA MAYS L. LEAF TISSUES.**

Dmytro YAKOVENKO

LLC "TH "BTU-CENTER", Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>

Yaroslava BUKHONSKA

LLC "TH "BTU-CENTER", V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of the NAS of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-1988-3811>

Vira BORODAI

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0008-8239-7684>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304003>

Keywords: *relative water content, maize leaves, biological products, drought.*

Abstract

The relative water content (RWC) in the leaf tissues of maize hybrid Tristan FAO 270 plants grown under drought stress at the experimental station of the Institute of Agriculture of the North-East of NAAS of Ukraine (Sumy region) was studied. The experimental site was under water stress due to limited precipitation during the critical growth phases in May and June.

The aim of our study was to evaluate the effect of microbiological preparations based on plant growth-promoting bacteria (PGPB) and their metabolites, known for their ability to mitigate water stress, on the relative water content in the leaves of maize plants grown under drought stress.

Significant differences were found between the control variants and those treated with biological products of LLC «TH BTU-CENTER»: “Azotofit®”, “Liposam®” and the STOP-Stress complex (“Organic-Balance®” 0.5 l/ha + “Azotofit®” 0.3 l/ha + “Liposam®” 0.25 l/ha). Maize plants treated with “Organic-Balance®” 0.5 l/ha + “Azotofit®” 0.3 l/ha + “Liposam®” 0.25 l/ha had the highest relative water content (97.3%) compared to the control (86.7%).

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ
Секція № 2

TECHNICAL ECOLOGY
Section № 2



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304089>

ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ

Катерина БАЙДУР, Анна СТЕЦЮК, Нікіта КОЛОМАЦЬКИЙ

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

Берестейський пр., 37, Київ, 03057, Україна

e-mail: catherinebaidur@gmail.com

Анотація

Робота описує застосування баромембранних процесів зворотного осмосу та ультрафільтрації для очищення води. Проаналізовано недоліки та переваги для чотирьох видів апаратів мембранної очистки з різним способом укладання мембран. Показано, що ефективність очистки води в різних апаратах залежить від їх конструкції та типу частинок, від яких необхідно очистити воду.

Ключові слова: мембрани, зворотній осмос, очищення води, ультрафільтрація, пермеат, фільтруючі елементи, концентрат.

Людство активно використовує водні ресурси, і ми регулярно отримуємо велику кількість інформації про різні проблеми навколишнього середовища через масові медіа та інші джерела. Ці проблеми варіюються за ступенем серйозності, географічним розповсюдженням та тривалістю. Дрібні проблеми дійсно можуть бути вирішені окремими особами, тоді як більш складні та поширені потребують стратегій великого масштабу [1].

Так, наприклад, загострюється проблема доступу до питної води. Населення Землі стрімко зростає, а отже і світові потреби у воді також. Тому передбачається, що протягом найближчих десятиліть проблема водоочистки загостриться. Одним із можливих рішень цієї проблеми були представлені технології мембранного розділення [2]. Введення цих технологій у широкомасштабне застосування може позитивно вплинути на відновлення водних ресурсів та зменшення глобальної кризи.

Технологія очищення води в значній мірі визначається фізико-хімічними і біологічними показниками її якості й необхідним ступенем її поліпшення. При опрісненні води солеміст повинен бути знижений до величини, що робить воду придатною для питних цілей ($P < 1000$ мг/л) [3].

Застосування мембрани для очищення поверхневих вод забезпечує багато переваг порівняно з іншими способами очищення. У виробництві питної води мембрани замінюють традиційні технології розділення завдяки хорошему відновленню ресурсів з точки зору якості очищеної води, ефективного відновлення поживних речовин і сталого функціонування, особливо в тих випадках, коли інші способи очищення неможливі [2, 4].

До мембранних методів розділення належать ультрафільтрація, зворотній осмос, первапарація та діаліз і електродіаліз і термомембранні процеси.

В доповіді зосереджена увага на баромембранних процесах зворотного осмосу та ультрафільтрації. В їх основі лежить явище осмосу – самовільного проникнення розчинника

через мембрану до встановлення рівноваги [5]. На рис.1 представлено апаратурно-технологічну схему установки зворотного осмосу «Екософт 2500 МО-ФЗА».

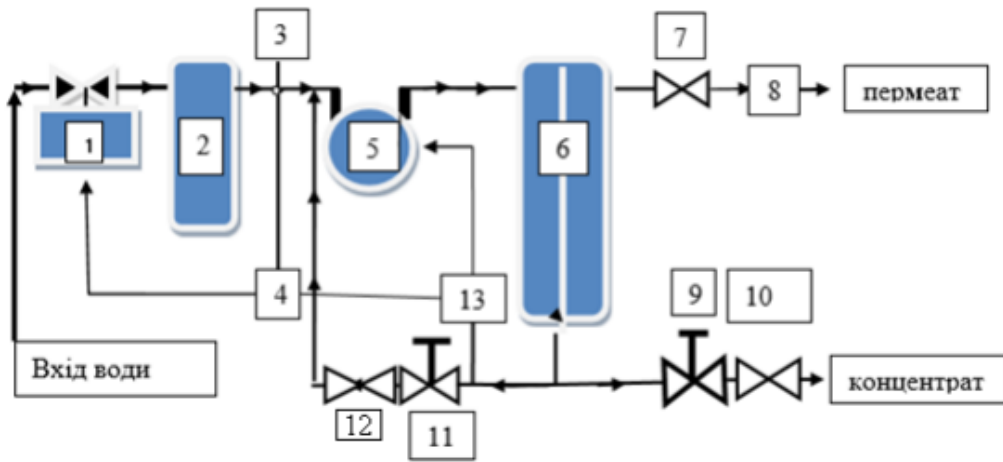


Рис.1. Апаратурно-технологічна схема установки зворотного осмосу «Екософт 2500 МО-ФЗА».

Специфікація: 1 – вхідний електрохлипак; 2 – вхідний мікропористий поліпропіленовий фільтр; 3 – манометр на виході поліпропіленового фільтра; 4 – датчик тиску на виході поліпропіленового фільтра; 5 – насос високого тиску; 6 – модуль зворотноосмотичної фільтрації; 7 – ротаметр на магістралі відведення пермеату; 8 – лічильник витрати пермеату; 9 – вентиль регулювання витрати концентрату; 10 – ротаметр витрати концентрату; 11 – вентиль рециклінгу; 12 – ротаметр рециклінгу; 13 – манометр робочого тиску і керуючий датчик аварійного відключення

За способом укладання мембран апарати для баромембранних процесів поділяються на чотири основних типи: апарати з пласкокамерними фільтруючими елементами; апарати з трубчастими фільтруючими елементами; апарати з рулонними або спіральними фільтруючими елементами та апарати з мембранами у вигляді порожнистих волокон [6].

1. Апарати з пласкокамерними фільтруючими елементами. Апарати типу «фільтр-прес» із пласкокамерними фільтруючими елементами є одними з найпростіших мембранних апаратів. Застосовуються при порівняно невисокій продуктивності установок, але ці модулі є дорогими порівняно з альтернативними [3, 7].

Основою цих апаратів є фільтруючий елемент, який складається з двох мембран, що укладені по обидві сторони плаского пористого матеріалу – дренажа. Дренажні листи розміщені на навеликій відстані один від одного (0.5 – 5 мкм), утворюючи міжмембранний простір для проходження розчину, що розділяється. Пакет фільтруючих елементів затискується між двома фланцями і стягується болтами. Розчин, що розділяється, послідовно проходить через всі фільтруючі елементи, концентрується і видаляється із апарата. Перміат (фільтрат), якій пройшов через мембрану, виходить через дренажні шари в радіальному напрямку [8].

Апарат вирізняється простотою виготовлення, зручністю монтажу і експлуатації, можливістю швидкої зміни мембран. Також такі апарати особливо перспективні для проведення ультрафільтраційних процесів, оскільки процес розділення відбувається при відносно високих швидкостях розчину, що дозволяє значно зменшити вплив концентраційної поляризації [3].

Недоліками таких апаратів є наявність центральних перетоків, які знижують корисну та питому площу мембран і можуть бути причиною місцевої розгерметизації та попадання розчину в перміат. Більше того, дренажні пластини і турбулізатори конструктивно складні і потребують високої точності виготовлення. Також варто згадати про високу металоємність.

2. Апарати з трубчастими фільтрувальними елементами. Апарати з трубними модулями (трубчастими фільтрувальними елементами) в основному обмежуються застосуванням в ультрафільтрації, для яких перевага в опорі до забруднення мембран через добрі гідродинамічні умови переважає їх вартість [3].

Трубчастий фільтрувальний елемент (ТФЕ) представляє собою змінний і зазвичай нероз'ємний вузол апаратів для проведення зворотнього осмосу і ультрафільтрації, що складається з напівпроникної мембрани і дренажного каркасу. Дренажний каркас виконується з трубки, яка забезпечує міцність елемента і відведення терміату, і мілкопористої підложки, що включає втиснення мембрани в дренажні канали трубки під дією робочого тиску суміші.[9]

За конструкцією ТФЕ діляться на три типи: з напівпроникною мембраною на внутрішній поверхні трубки; з напівпроникною мембраною на зовнішній поверхні трубки; з комбінованим розміщенням напівпроникної мембрани на трубці [8].

ТФЕ з напівпроникною мембраною на внутрішній поверхні трубки має загальні для даного типу переваги: мала теплоємність, незначний гідравлічний опір потоку терміату, гарні гідродинамічні умови роботи мембрани, змога механічної очистки елементів від осаду без їх розбірки, захищеність мембрани від пошкодження під час установки ТФЕ в апарати. Недоліки такої конструкції проявляються в малій питомій робочій поверхні мембран, підвищеної вимоги до точності формування внутрішнього діаметра каркаса(трубки). Конструкції з мембраною, розміщеною на зовнішній поверхні трубки, де-факто є удосконаленою версією першого типу, оскільки всі недоліки перетворили на переваги.

Комбіноване розміщення напівпроникної мембрани підвищує питому роботу поверхні в 1,6-1,8 рази більше, ніж в описаній вище конструкції. Але в таких конструкціях утворюються значні гідравлічні опори. Внаслідок перелічених вище недоліків ці конструкції ТФЕ не знайшли широкого промислового застосування.

3. Апарати з фільтруючими елементами рулонного (спірального) типу. Спіральні (або рулоновані, рулонні, сувійні) мембранні модулі для зворотного осмосу набули найбільшого поширення в системах підготовки води через високу питому поверхню, малу матеріалоємність, відносну простоту в експлуатації [10].

В основному вони складаються з мембрани з оболонкою, пермеатної трубки, пермеатної прокладки та живильної прокладки [6].

В робочих умовах, розділюваний розчин подається через торець в напірні канали рулонованого модуля, частина розчину проходить крізь мембрану, утворюючи пермеат, потрапляє в центральну трубу і відводиться з апарату. Інша частина розчину рухається вздовж мембрани і виводиться з іншого торця модуля, утворюючи ретентат. В процесі мембранного розділення концентрація розчинених речовин в пермеаті зменшується, а в ретентаті зростає. Канали мембранного модуля утворюються сіткою-сепаратора, яка знаходиться між витками рулону [11].

Розрізняють чотири типи апаратів з рулонними мембранними елементами: з рулонними мембранними елементами з декількома пакетами та однією пермеатовідвідною трубкою; зі спільно навитими рулонними мембранними елементами; з рулонними мембранними елементами з кількома пермеатовідвідними трубками; з рулонними мембранними елементами, що мають канали для збору пермеату.

Хоч мембранні апарати рулонного типу і є найсучаснішим методом очистки води, все ще залишаються аспекти, які потребують удосконалення: висока чутливість до забруднень, потреба у значній кількості енергії, а також обмеження в селективності та проникності [12].

4. Апарати на основі ФЕВ з паралельним розміщенням волокон. Перший апарат з порожнистими волокнами, розроблений фірмою “Dow Chemical” (США) був виконаний у вигляді кожухотрубчастого теплообмінника. Такий апарат забезпечував можливість подачі розділяемого розчину як зовні так і всередину капіляра волокон. Апарат має корпус зі штуцерами для входу та виходу розділяемого його розчину із фланцями для кріплення збірників пермеата і трубних решіток. Порожністі волокна у вигляді пучків розміщені в корпусі апарата паралельно його осі, а в кінці волокон за допомогою епоксидної смоли закріплені в трубних решітках. Розділяемий розчин поступає через штуцер і рухається вздовж зовнішньої поверхні волокон. Під дією тиску частина рідини проходить через стінки волокон і по їх внутрішніх капілярах відводиться в збірники, утворюючи фільтрат. Концентрований розчин безперервно виводиться з апарата. [13, 14, 15]

Розглянутий апарат має суттєві недоліки, наприклад, відносно невисоку щільність упаковки мембран, складність кріплення і герметизації пучків волокон. Тому в промисловості такий апарат майже не використовується.

Таких недоліків немає в апаратах з ФЕВ у вигляді одного пучка. Волокна зібрані в пучок за допомогою навитої нитки, яка одночасно забезпечує необхідний зазор між окремими волокнами, що покращує розподіл вихідного розчину всередині пучка волокон. Дана конструкція дозволяє забезпечувати рух розділяемого рідини не тільки по зовнішній поверхні, але і по капілярам волокон. В цьому випадку необхідно змінити підвод вихідного розчину, відвод фільтрата і концентрата. Для підвищення інтенсивності перемішування вихідного розчину в апарат монтується розподільчу трубу, яка має в центральній частині отвори для подачі вихідного розчину всередину пучка волокон [16, 17, 18, 19, 20].

Апарати з ФЕВ у вигляді одного пучка волокон мають високу щільність укладки мембран і низьку матеріаломісткість, однак недостатня інтенсивність перемішування розділяемого розчину і жорстке кріплення волокон в перетинках, не дозволяють використовувати дані конструкції для обробки розчинів і очистки стічних вод, що мають зважені частинки.

Висновки. Апарати з пласкокамерними фільтруючими елементами є простими для виготовлення, зручними для монтажу і експлуатації, є можливість швидкої зміни мембран. Проте недоліки таких апаратів – це центральні перетоки, які знижують корисну та питому площу мембран і можуть бути причиною місцевої розгерметизації та попадання розчину в перміат. Апарати з трубними модулями мають невисоку теплоємність, незначний гідравлічний опір потоку перміату, гарні гідродинамічні умови роботи мембрани, змогу механічної очистки елементів від осаду без їх розбірки. Недоліки: мала питома робоча поверхня мембран, підвищена вимога до точності формування трубки. Спіральні мембранні модулі - найсучасніший метод очистки води, але такі апарати мають високу чутливість до забруднень, потребу у значній кількості енергії і обмеження в селективності та проникності. Апарати з порожнистими волокнами мають суттєві недоліки: відносно невисоку щільність упаковки мембран, складність кріплення і герметизації пучків волокон. Відмічених недоліків значно менше в апаратах у вигляді одного пучка. Такі апарати мають високу щільність укладки мембран і низьку матеріаломісткість, однак недостатня інтенсивність перемішування розчину і жорстке кріплення волокон в перетинках не дозволяють використовувати дані конструкції для обробки розчинів і очистки стічних вод, що мають зважені частинки.

Література

1. Lars H. Water pollution - methods and criteria to rank, model and remediate chemical threats to aquatic ecosystems / H. Lars, B. Andreas. – Sweden, Uppsala: Uppsala University, 2008.
2. Torove L. The effect of coupling coagulation and flocculation with membrane filtration in water treatment: A review / Leiknes Torove. // Journal of Environmental Sciences. – 2009. – Vol.21. – P.8–12.
3. Навчальний посібник з дисциплін «Водопостачання промислових підприємств», «Системи водовідведення промислових підприємств» / [В. І. Сокольник, Д. В. Прутцьков, О. Г. Добровольська та ін.]. – Запоріжжя: ЗДІА, 2018. – 195 с.
4. Direct membrane filtration for wastewater treatment and resource recovery: A review / [H. Selina, E. Majid, F. H. Kolbrun та ін.]. // Science of The Total Environment. – 2020. – Vol.710., 136375.
5. Моделювання процесів мембранного розділення: навчальний посібник / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С.В. Гулієнко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 166 с.
6. Roles and performance enhancement of feed spacer in spiral wound membrane modules for water treatment: A 20-year review on research evolvement / [L. Weichen, Z. Yuting, L. Danyang та ін.]. // Water Research. – 2021. – Vol.198., 117146.
7. Brock T. Membrane filtration / Thomas Brock., 1983. – 381 с.
8. Конспект лекцій з курсу „Процеси та апарати хімічної технології”, розділ «Мембранні процеси» для студентів II-V курсів усіх спеціальностей / Укл.: О.О. Тертишний, О.В. Тертишна. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2011. – 79 с.
9. Довідник з властивостей, методів аналізу та очищення води. У 2х частинах/А.А. Кульський, І.Т. Гороновський, А.М. Когановський, М.А. Шевченка. – Київ: Наукова думка. - 1980. - 1206 с.
10. Дослідження процесу зворотного осмосу. Методичні вказівки для проведення науково-дослідної роботи студентів з кредитного модуля «Моделювання процесів мембранного розділення» [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. С.В. Гулієнко– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 14 с.
11. Дослідження процесу зворотного осмосу. Методичні вказівки для проведення науково-дослідної роботи студентів з кредитного модуля «Моделювання процесів мембранного розділення» / НТУУ „КПІ”; уклад. С.В. Гулієнко– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 14 с.
12. A review of spiral wound membrane modules and processes for groundwater treatment / [N. T. Rita, B. Patrick, O. A. Frank та ін.]. // Frontiers in Membrane Science and Technology. – 2024. – Vol.3., 1343651.
13. Lacey R.E., Loeb S. Industrial processing with membranes. N.–Y.: Wiley – Interscience, 1972.
14. Reverse Osmosis Membrane Research. H.K. Lonsdale, H.E. Podall, Ed., N.–Y.: Plenum, 1972.
15. Sourirajan S. Reverse osmosis. London: Logos, 1970.
16. Cheryan M. Ultrafiltration and Microfiltration Handbook. Lancaster: Technomic, 1998.
17. Ford D.L., Anderson E.W., Kopp C.V. Concentration of solids in a suspension. US Patent No. 5 024 762, 1991.
18. Kuzumoto H., Ukai T., Uejima A. Fluid separation element. US Patent No. 4 623 460, 1986.
19. Watanabe M., Suda E. Filter element. US Patent No. 6 224 765, 2001.
20. Zeman L.J., Zydney A.L. Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications. N.–Y.: Marcel Dekker, 1996.

WATER PURIFICATION TECHNOLOGY USING MEMBRANE METHODS

Kateryna BAIDUR

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-6236-5811>

Anna STETSIUK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0003-1251-8202>

Nikita KOLOMATSKYI

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-0929-7477>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304089>

Keywords: *membranes, reverse osmosis, water treatment, ultrafiltration, permeate, filter elements, concentrate.*

Abstract

The paper describes the application of baromembrane method based on reverse osmosis (RO) process and ultrafiltration processes for water purification. The advantages and disadvantages of four types of membrane purification devices with different membrane layouts are analyzed. It is shown that the efficiency of water purification in different devices depends on their structure and the type of contaminants from which water must be purified.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304177>

ПЕРІОДИЧНА ПОДАЧА ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКРОВОДОРСТЕЙ З МЕТОЮ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

Альона ВДОВИЧЕНКО

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: vdovychenko.alona@iill.kpi.ua

Анотація

Досліджено чергування впливу газової суміші, що містить 5% вуглекислого газу та 95% повітря і 100% повітря з різною періодичністю, з метою визначення оптимального співвідношення режимів для максимального засвоєння CO₂ мікроводоростями задля його утилізації. Показано, що варіант 2:2 години дає найвищу питому швидкість приросту біомаси.

Ключові слова: охорона навколишнього середовища, екологічні біотехнології, газові викиди, вуглекислий газ, мікроводорості.

Проблема відходів постає, відколи триває розвиток людства, і в наші часи набуває небачених масштабів. Міжнародна спільнота сподівається, що викиди CO₂ від спалювання викопного палива (безперечно найбільше джерело всіх викидів) досягнуть піку до наступного року. У звіті Програми ООН з довкілля за минулий рік зазначено, що відповідно до запланованих заходів зі скорочення викидів широке застосування видалення вуглекислого газу (carbon dioxide removal) неминуче, якщо актуальною лишається довгострокова ціль Паризької угоди щодо температури [1].

З метою знешкодження вуглекислого газу триває пошук рішень і застосування різних підходів, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Триває розробка біотехнологій, що дозволяють використовувати мікроводорості для поглинання вуглекислого газу шляхом власної життєдіяльності у промислових масштабах.

Відомо, що CO₂ добре розчиняється у воді, швидко закислюючи середовище і неадаптовані культури мікроводоростей можуть зазнавати таким чином його токсичної дії. Тому одним з ймовірних способів вирішення цієї проблеми є періодична подача газу. Основним завданням цієї роботи було дослідження дії періодичної подачі вуглекислого газу до культурального середовища і з'ясування оптимального режиму, з огляду на те, що раніше цьому питанню не приділялось багато уваги. Раніше було визначено, що 5% діоксиду карбону є оптимальною концентрацією для вирощування мікроводоростей *Chlorella vulgaris* [2].

Дослідження проводилось в вертикальних трубчатих фотобіореакторах з робочим об'ємом 2 л, з аерацією 0,5 л/хв. Для цього використовували культуру мікроводоростей *Chlorella vulgaris*, з початковою концентрацією 2,67 мг/л (за загальним хлорофілом, методом спектрофлуориметрії), що піддавалась почерговому періодичному впливу газової суміші (вуглекислого газу 5% з повітрям) і повітря в різних часових пропорціях відповідно: 1:1, 2:1, 1:2, 2:2 год:год, а також варіант з постійною подачею лише газової суміші, з нічною перервою 10 годин. За такого режиму подачі загальнодобове надходження вуглекислого газу було

різним в кожному випадку: 7, 10, 5, 8, 14 годин/добу відповідно (таблиця 1). Незважаючи на відсутність значних коливань кислотності, яка варіювалась від 5,6 на початку експерименту і до 6,3-6,5 на п'ятий день, питома швидкість приросту значно різнилася, і була найвищою протягом всього періоду у варіанті 2:2 – від 0,027 до 0,018 мкг/л·год. Трохи повільнішою, але схожою була швидкість приросту у варіантів 2:1 та з постійною подачею газової суміші – 0,017 мкг/л·год, найгірший результат виявився у першому зразку 1:1 – 0,013 мкг/л·год (мається на увазі останній день культивування, прогнозовано поступове її зниження в процесі приросту біомаси) (рисунок 1).

Таблиця 1. Періодичність подачі газової суміші та повітря. Загальнодобовий час подачі газової суміші, що містить 5% CO₂ і 95% повітря.

№ зразка	Періоди CO ₂ : повітря, Загальний час подачі CO ₂ (5%),	
	год : год	год/добу
1	1:1	7
2	2:1	10
3	∞	14
4	1:2	5
5	2:2	8

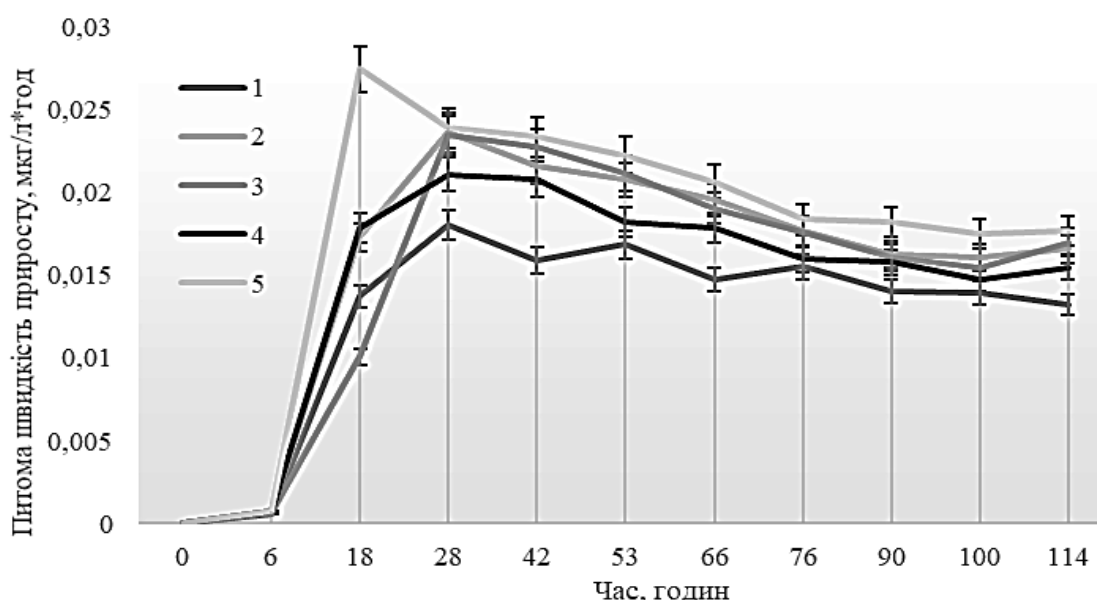


Рис. 1. Залежність питомої швидкості приросту біомаси від часу культивування за різної періодичності подачі газової суміші, що містить 5% CO₂ і 95% повітря.

Таким чином було з'ясовано, що за даних умов для оптимального засвоєння подаваної суміші газів з 5% CO₂, найкращим режимом буде чергування годин «годування» та «спокою» 2:2, оскільки в такому разі швидкість приросту біомаси, а отже і засвоєння вуглекислого газу буде найвищою. Крім того, за перенасичення культурального середовища, невикористаний мікродоростями вуглекислий газ потрапляє у навколишнє середовище і потребує вловлювання та повторного пропускання в культуральне середовище для більш повної його утилізації. Тому задля уникнення додаткових витрат і досягнення поставленої мети доцільно використовувати періодичну подачу CO₂.

Література

1. United Nations Environment Programme // Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). [Internet]. 2023. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>
2. Вдовиченко, А.А., Голуб, Н.Б. "Вплив компонентів газових викидів на ріст мікроводоростей *Chlorella vulgaris*." Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2022. В. 86, с. 3-14. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2022.86.01>

PERIODIC SUPPLY OF CARBON DIOXIDE GAS FOR THE CULTIVATION OF MICROALGAE FOR ITS PROCESSING

Alona VDOVYCHENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7243-8488>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304177>

Keywords: *environmental protection, ecological biotechnology, gas emissions, carbon dioxide, microalgae.*

Abstract

Investigation describes the alternation effects of a gas mixture containing 5% carbon dioxide and 95% air and 100% air with different periodicity, with the aim of determining the optimal ratio of modes for the maximum assimilation of CO₂ by microalgae for its utilization. It is shown that the option 2:2 hours gives the highest specific rate of biomass growth.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304124>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВІСНИХ ВОД

Марта ВОЗНІЮК, Тетяна ШАБЛІЙ, Микола ГОМЕЛЯ

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, м. Київ 03056, Україна

e-mail: vozniukmarta@gmail.com

Анотація

Дана робота присвячена оцінці ефективності застосування електрофлотації із використанням алюмінієвого аноду для вилучення нафти з модельних воднонафтових розчинів різної мінералізації (сольового вмісту). Електрофлотаційна обробка воднонафтових емульсій забезпечує досить високий ступінь видалення нафти, що є на рівні 98,6–99,9 % з застосуванням алюмінієвого електроду при анодній щільності струму 1,65–7,39 А/дм² для модельних солоних вод та 0,07–0,50 А/дм² для модельних прісних нафтовмісних вод. Найкращі результати досягаються протягом перших 15 хвилин обробки водних нафтовмісних розчинів. Дослідження показує, що ефективність вилучення нафти з води залежить від її мінералізації (вмісту NaCl): в солоній воді процес очищення проходить ефективніше. Разом з тим, спостерігається зменшення концентрації хлорид-іонів та зростання рН середовища в оброблених електрофлотацією водах.

Ключові слова: нафтовмісні води, очищення води, лляльні води, електрофлотація, алюмінієвий анод.

Проблема забруднення гідросфери постає все більш гостро з зростанням світового судноплавства. Одним з основних джерел забруднень водного середовища є нафтовмісні води, що утворюються в процесі експлуатації водного транспорту. Забруднення доквілля нафтою та нафтопродуктами призводить до порушення екологічної рівноваги та природного балансу екосистем [1-3].

Існують правові вимоги щодо поводження з стічними водами з суден, що визначені національними та міжнародними документами. Документами державного рівні щодо захисту водного середовища передбачена повна заборона щодо скидання забруднених, в тому числі нафтовмісних, вод у водні об'єкти. Ще одним з документів є Міжнародна конвенція щодо запобігання забрудненню моря з суден (МАРПОЛ-73/78) [4], згідно з якої дозволяється скидати у міжнародних водах за борт очищені лляльні води з концентрацією нафтопродуктів не більше 15 ppm (15 мг/дм³).

Одним з основних видів нафтовмісних вод суден є лляльні води, що характеризуються різноманітним морфологічним складом. Нафтопродукти в даних водах перебувають у різних станах нерозчиненому, емульгованому, колоїдному та розчиненому станах. Вміст нафтопродуктів складає у середньому 2000–3000 ppm (2–3 г/дм³). рН даних вод перебуває в межах 5,9–8,5. Саме ці показники і визначають найбільш ефективні методи їх очищення.

Основні методи очищення нафтовмісних вод розподіляють на фізичні, хімічні, біологічні методи та їх комбінації [5]. Всі методи мають як ряд переваг, так і недоліків.

Серед сучасних методів очищення вод досить перспективними є електрохімічні методи, зокрема електрофлотація, що відзначаються високим ступенем вилучення забруднювачів, швидкістю обробки та компактністю устаткування. Разом з тим, для ефективного їх застосування доцільно враховувати експлуатаційні параметри електрохімічних процесів.

Метою даної роботи була оцінка ефективності електрофлотаційного очищення нафтовмісних модельних вод від політванту – нафти з допомогою алюмінієвого електроду

В даній роботі було використано однокамерний елетролізер об'ємом 500 см^3 та площами катоду та електроду $S_A=S_K=0,26 \text{ дм}^2$. Між пластинами відстань була встановлена 6,5 см. Катод представлений металевою пластиною з легованої сталі 12Х18Н10Т, анод – алюмінієва пластина. У роботі було використано модельні водно-нафтові розчини різного солевмісту (1 – 100 мг/дм^3 нафти, 200 мг/дм^3 хлориду натрію; 2 – 100 мг/дм^3 нафти, 30 г/дм^3 хлориду натрію). Електроліз було проведено за анодної щільності струму $0,07 - 7,39 \text{ А/дм}^2$ та напрузі $10 - 20 \text{ В}$. Електрофлотацію проводили протягом 1 години, відбираючи кожні 15 хвилин проби та визначаючи у відфільтрованих пробах залишкову концентрацію нафти у воді (ступінь очищення), концентрацію хлорид-іонів та рН середовища.

На рисунку 1 представлено графіки зміни концентрації нафти у воді та підвищення ступеню очищення нафтовмісних вод застосовуючи електрофлотацію з використанням алюмінієвого електроду.

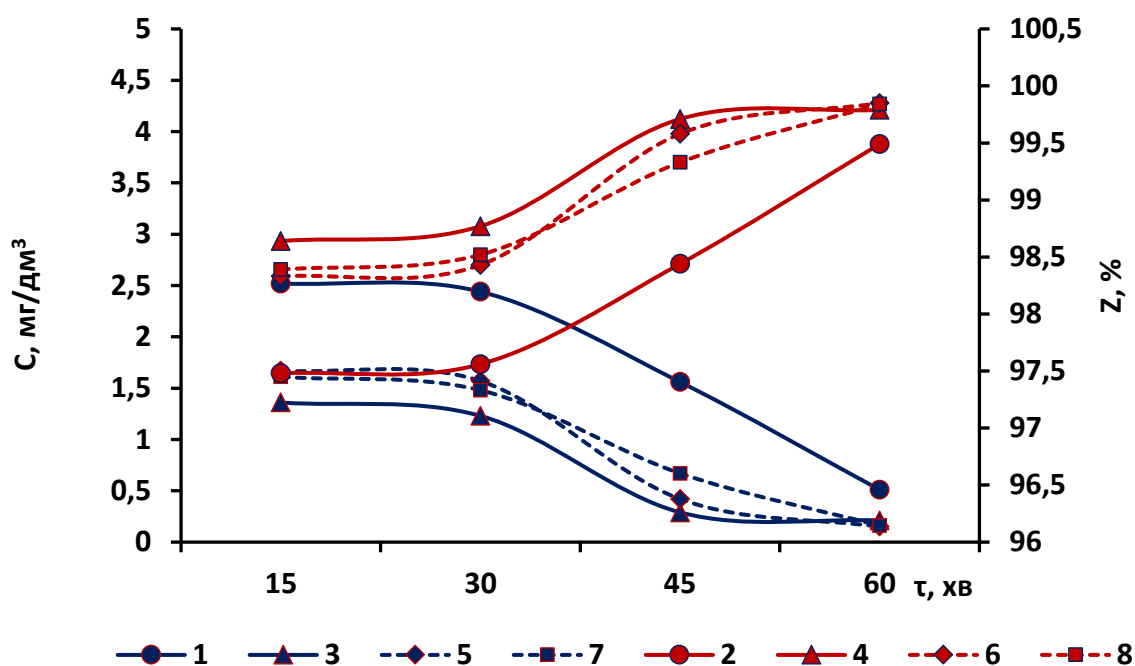


Рис.1. Зниження концентрації нафти у воді (1, 3, 5, 7) та підвищення ступеню очищення води (2, 4, 6, 8) з часом електрофлотації воднонафтових розчинів (100 мг/дм^3 нафти, 30 г/дм^3 NaCl (1, 2, 3, 4); 100 мг/дм^3 нафти, 200 мг/дм^3 NaCl (5, 6, 7, 8)) в однокамерному електролізері ($U=10 \text{ В}$ (1, 2, 5, 6); 15 В (7, 8); 20 В (3, 4); $j=1,65 \text{ А/дм}^2$ (1, 2); $6,69 \text{ А/дм}^2$ (3, 4); $0,37 \text{ А/дм}^2$ (5, 6); $0,36 \text{ А/дм}^2$ (7, 8)) при використанні алюмінієвого аноду

Як відображають результати дослідження електрофлотація дозволяє досягти високого ступеню вилучення нафти.

Електрофлотація сильносолевих воднонафтових розчинів за фіксованої напруги 10 В дозволяє зменшити концентрацію забруднювача (нафти) за 15 перших хвилин до 2,52 мг/дм³, ступінь очищення води при цьому складає 97,48 %. Продовження часу електрофлотації зменшує вміст нафти до 0,51 мг/дм³ (ступінь видалення – 99,49 %). Підвищення напруги до 20 В забезпечують збільшення ефективності вилучення нафти з води вдвічі, що відповідає ступеню очищення через годину процесу 99,49%.

Застосування процесів електрофлотації для очищення слабосолевих водно-нафтових розчинів відзначається кращою ефективністю порівняно з сильносолевими розчинами. За фіксованої напруги ($U=10$) протягом перших 15 хвилин досягається зниження концентрації нафти до 1,67 мг/дм³ (ступінь очищення – 98,33 %), з продовженням часу електрофлотації відбувається подальше вилучення забруднювача (нафти) до значень залишкової концентрації через 1 годину – 0,15 мг/дм³ (ступінь очищення – 99,85 %). Підвищення напруги в процесі електрофлотаційної обробки модельної нафтовмісної прісної води не підвищило ефективність очищення води. Разом з тим, в даних розчинах розчинах відбувався значний опір в системі. Сила струму у цьому випадку складала 0,07–0,1 А при напрузі 10–15 В.

Також, під час електрофлотаційної обробки води з використанням алюмінієвого електроду в досліджуваних пробах було встановлено залишкову концентрацію хлорид-іонів та рН середовища, результати представлені на рисунку 2.

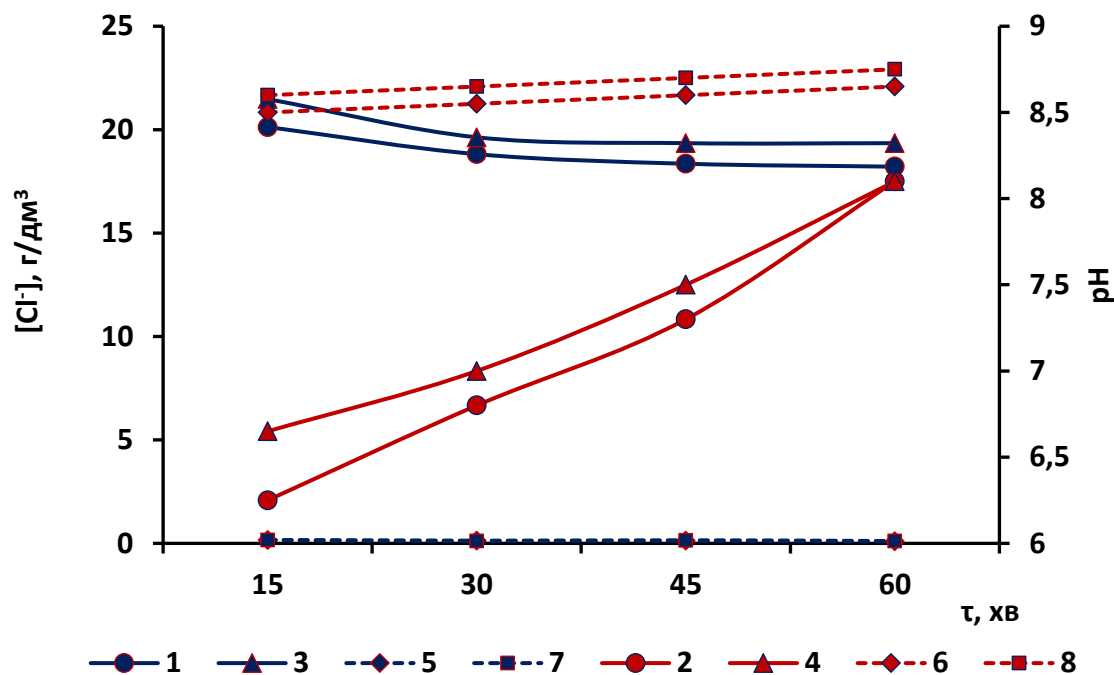


Рис.2. Зміна концентрації хлоридів у воді (1, 3, 5, 7) та рН середовища (2, 4, 6, 8) з часом електрофлотації воднонафтових розчинів (100 мг/дм³ нафти, 30 г/дм³ NaCl (1, 2, 3, 4); 100 мг/дм³ нафти, 200 мг/дм³ NaCl (5, 6, 7, 8)) в однокамерному електролізері ($U=10$ В (1, 2, 5, 6); 15 В (7, 8); 20 В (3, 4); $j=1,65$ А/дм² (1, 2); 6,69 А/дм² (3, 4); 0,37 А/дм² (5, 6); 0,36 А/дм² (7, 8)) при використанні алюмінієвого аноду

Данні дослідження, що представлені на графіку, відображають результати зменшення концентрація хлорид-іонів, що обумовлено електрохімічними реакціями, що супроводжуються утворенням кисню та/або активного хлору:



При обробці сольових воднонафтових модельних розчинів, за напруги 10 та 20 В та щільності струму 1,65 А/дм² та 6,69 А/дм² найбільше зниження концентрації хлорид-іонів із 30,0 г/дм³ до 20,1 г/дм³ та 21,5 г/дм³ відбулось протягом першої чверті години. Подальша обробка води електрофлотацією не відобразила значного покращення результатів. Обробка прісних воднонафтових модельних розчинів електрофлотацією, за напруги 10 В і 15 В та щільності струму 0,36 А/дм² забезпечила зниження концентрації хлорид-іонів протягом години із 200 мг/дм³ до 100–113 мг/дм³. Зниження концентрації хлорид-іонів

Електрофлотаційна обробка нафтовмісної води також сприяла підвищенню рН середовища, що описується електрохімічними реакціями, які відбуваються на катоді з утворенням водню та гідроксид-аніонів:



За напруги 10–20 В при електрофлотації рН за перші 15 хвилин збільшилося з 6,25 та 6,65 до 8,1 за годину для сильномінералізованої води, та за напруги 10–15 В рН з 8,5 та 8,6 (перші 15 хв) до 8,65 та 8,75 за годину для слабомінералізованих вод.

Отже, як відображають результати дослідження електрофлотаційна обробка воднонафтових розчинів різної мінералізації з застосуванням алюмінієвих електродів за анодної щільності струму 1,65–7,39 А/дм² та напруги 10 В і 20 В для солоних вод та 0,07–0,50 А/дм² та напруги 10 В і 15 В для прісних вод забезпечує досить високий ступінь очищення даних вод який складає 98,6–99,9 %.

Література

1. Nugroho T. F., Baheramsyah A., Trikurnia N. A. 2019. Analysis of port-based discharge water treatment of ships, case Study: PT. TPS. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 3(4), 141– 147.
2. Dembovych B. I., Yavorska S. V. 2013. Pollution of oceans by oil and oil products. Proceedings of the VII International Scientific Conference. Dnipropetrovsk: Advverta, 45–48. (In Ukrainian).
3. PT. TPS. (2017). Data Asset. Surabaya: PT. TPS.
4. International convention for the prevention of pollution from ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978, or "MARPOL 73/78".
5. Mysore D., Viraraghavan T., Jin, Y.C. 2006. Oil/water separation technology-A review. Journal of Residuals Science and Technology, 3, 5–14.

EFFICIENCY OF ELECTROFLOTATION APPLICATION
FOR OILY WATER TREATMENT

Marta VOZNIUK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-0010-8895>

Tetyana SHABLIY

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3454-675X>

Mykola GOMELYA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304124>

Keywords: *oil-containing waters, water purification, bilge water, electroflotation, aluminum anode.*

Abstract

This work is devoted to evaluating the effectiveness of electroflotation using aluminum anode to extract oil from model water-oil emulsion of different mineralization (salt content). Electroflotation treatment of water-oil emulsions provides a fairly high degree of oil removal, which is at the level of 98.6-99.9% using an aluminum electrode with an anode current density of 1.65-7.39 A/dm² for model salt waters and 0.07-0.50 A/dm² for model fresh oil-containing waters. The best results are achieved during the first 15 minutes of treatment of aqueous oily solutions. The study shows that the efficiency of oil extraction from water depends on its mineralization (NaCl content): in salt water, the purification process is more efficient. At the same time, there is a decrease in the concentration of chloride ions and an increase in the pH in the waters treated with electroflotation.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304824>

ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБОРОТНИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ВЕЛИЧИНУ ВИКИДІВ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК

Валерій ГАЄВСЬКИЙ, Віктор ФІЛИПЧУК

Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33000, Україна

e-mail: v.r.haievskyi@nuwm.edu.ua

Анотація

У роботі окреслено основні екологічні проблеми вугільної теплової енергетики, які полягають у значній кількості шкідливих викидів від спалювання вугілля та у великій кількості використання водних ресурсів. На основі балансових співвідношень пораховано річну кількість викидів твердих частинок для теплової електростанції (ТЕС), потужністю 2500 МВт та додаткову кількість викидів, пов'язану з неефективною роботою оборотної системи охолодження (ОСО).

Ключові слова: *техноекологія, вугільні теплові електростанції, розрахунок шкідливих викидів, конденсатори парових турбін, оборотні системи охолодження.*

Стратегія екологічного розвитку України до 2030 року передбачає підвищення індекса екологічної ефективності (Environmental Performance Index, EPI) та зменшення енергоємності ВВП з 0,286 кг (2020 рік) до 0,186 кг (2030 рік) умовного палива (у.п.) на один долар США [1]. Оскільки однією із найбільш енергоємних галузей промисловості є енергетика, то задача енерго- і ресурсозбереження безпосередньо стосується цієї галузі і вирішення цих проблем неодмінно приводить до зменшення екологічних ризиків. З точки зору екологічних проблем електричні станції повинні відповідати екологічним нормативам [2], дотримання яких неодмінно буде приводити до ресурсо- і енергозбереження. Для виробництва електричної енергії використовують різні типи енергогенеруючих систем, основними з яких в Україні за останні роки було [3]:

- атомних електростанцій (АЕС) – 53,90%;
- теплових електростанцій та теплоелектроцентралей (ТЕС і ТЕЦ) – 36,20%;
- гідроелектростанцій (ГЕС і ГАЕС) – 5,10%;

Загальна кількість ТЕС і АЕС в Україні близько 50. Якщо розглядати теплові електростанції, то виробнича потужність окремих енергоблоків ТЕС різна і знаходиться у межах від 150 МВт до 3600 МВт. Для роботи електричних станцій основними природними ресурсами є паливо і вода. Ефективна робота ТЕС потребує постійного відведення тепла в навколишнє середовище, кількість якого становить приблизно 1 Дж відведеної теплової енергії на 1 Дж виробленої електроенергії. Така велика кількість відведеного тепла без сумніву суттєво впливає на екологічний стан навколишнього середовища. Оскільки в середньому на 1 Дж виробленої електроенергії витрачається близько 2,5 Дж енергії згоряння палива то це призводить до викидів в атмосферу величезної кількості шкідливих викидів у вигляді твердих

відходів і газів. Основна частина викидів шкідливих речовин ТЕС відноситься до паросилової частини (див. рис.). У їх складі тверді частинки (зола), діоксид азоту, діоксид сірки, оксид та діоксид вуглецю та викиди тепла. Вони розповсюджуються на великі відстані, що складають десятки, сотні і навіть тисячі кілометрів, що в свою чергу суттєво порушує як регіональний так і загальний екологічний баланс довкілля. Частинкове забруднення навколишнього середовища є одним із найвпливовіших негативних факторів. Так, близько 30-40% маси спалювального вугілля викидається у навколишнє середовище у вигляді золи та інших твердих частинок.

В останні роки ТЕС України виробляли більше 39 млн. МВт·год електроенергії [3]. Для різних типів ТЕС в середньому на 1 МВт·год виробленої електроенергії витрачається 150 - 300 м³ води і це призводило до річного використання водних ресурсів більше 5,9 млрд м³ води з якої кількість свіжої води складає близько 10-20%. Основна частина спожитої води ТЕС (близько 85-90%) використовується оборотними системами охолодження (ОСО). ОСО використовують близько 5,3 млрд м³ води і щонайменше 0,6-0,8 млрд. м³ свіжої води за рік. З точки зору загального і збалансованого природокористування використання такої великої кількості водних ресурсів суттєво впливає на стан навколишнього середовища. Звідси слідує, що ефективна і економічна робота ОСО призводить до значного збереження водних ресурсів і збалансовує екологічну як регіональну так і глобальну ситуацію.

АТМОСФЕРА

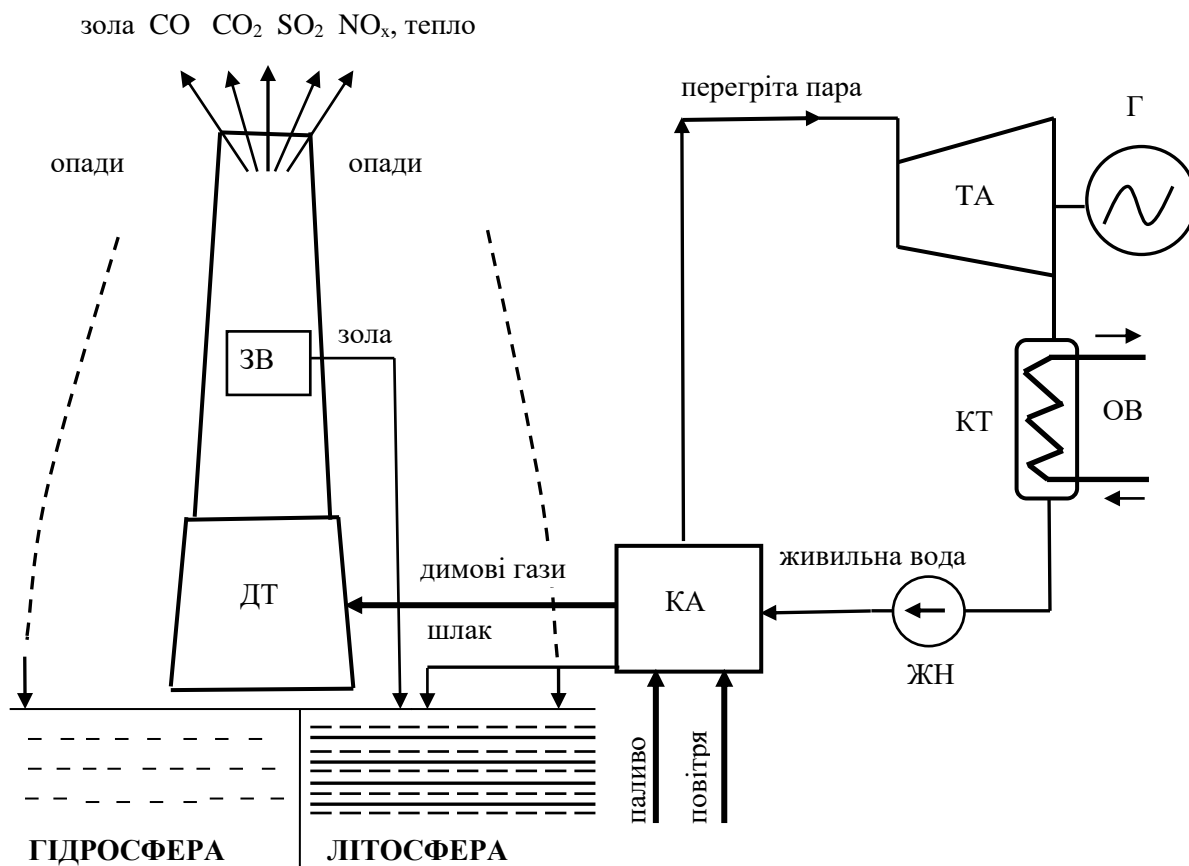


Рис.1. Схема екологічного впливу паросилової частини ТЕС.

ДТ – димова труба; ЗВ – система зололовлювання; КА – котлоагрегат; ЖН – живильний насос; ТА – турбоагрегат; Г – генератор; КТ – конденсатор турбіни; ОВ – охолоджуюча вода

Одним із негативних факторів роботи ТЕС є недооохолодження конденсату (недогрів охолоджувальної води). Недогрів охолоджуючої води ОСО збільшує тиск в конденсаторі турбіни і таким чином знижує коефіцієнт корисної дії як самої турбіни так і всієї ТЕС, що при сталому виробітку електроенергії на стільки ж збільшує споживання палива. При збільшенні використання палива збільшується кількість викидів твердих частинок, що в свою чергу приносить суттєвий негативний вплив не навколишнє середовище.

Таким чином, при неефективній роботі ТЕС, викидається збільшена кількість твердих частинок у навколишнє середовище і розрахунок та контроль цієї збільшеної кількості є важливою екологічною задачею.

Метою даної роботи є розрахунок кількості викидів твердих частинок на прикладі ТЕС, потужністю 2500 МВт і оцінка впливу недостатньо ефективної роботи ОСО на паросилову частину ТЕС (див. рис.) і збільшену кількість таких викидів.

Масова кількість викидів твердих частинок визначається за співвідношенням [4]:

$$M_{\text{ТВ}} = 10^{-2} \cdot B \cdot \left[\alpha_{\text{ВК}} \cdot A^{\text{P}} + q_4 \cdot \left(\frac{Q_{\text{H}}^{\text{P}}}{32,682} \right) \right] \cdot (1 - \eta_3), \quad (1)$$

де B – витрата палива, (од.маси)/(од.часу); $\alpha_{\text{ВК}}$ – доля золи у викиді; A^{P} – зольність на робочу масу, %; q_4 – втрати теплоти від механічної неповноти згоряння; Q_{H}^{P} – нижча теплота згоряння, МДж/кг; η_3 – ККД золонловлювання. Втрати від механічної неповноти згоряння q_4 визначають за спеціальними номограмами або за співвідношенням [5]:

$$q_4 = 32,862 \cdot \frac{A^{\text{P}} \cdot C_{\text{Г}} \cdot \alpha_{\text{ВК}}}{Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot (100 - C_{\text{Г}})}, \quad (2)$$

де $C_{\text{Г}}$ – вміст горючих у летючій золі, % [6] З врахуванням (1) і (2) запишемо:

$$M_{\text{ТВ}} = 10^{-2} B \alpha_{\text{ВК}} A^{\text{P}} \left[1 + K \cdot \left(\frac{C_{\text{Г}}}{100 - C_{\text{Г}}} \right) \right] (1 - \eta_3), \quad (3)$$

де K – константа, що залежить від одиниць вимірювання теплоти згоряння. Із (3) видно, що кількість викидів твердих частинок залежить від характеристик палива (A^{P} , $C_{\text{Г}}$, K), технологічних режимів котлоагрегата ($\alpha_{\text{ВК}}$) та від технологічних заходів екологічної безпеки (η_3). Визначимо масу викидів твердих частинок за рік для ТЕС, потужністю 2,5 млн. кВт з рідким шлаковидаленням, що спалює за рік у середньому $6 \cdot 10^9$ кг Донецького антрациту марки АСШ і оцінимо збільшення викидів при зменшенні ефективності роботи ОСО, що привело до підвищення температури конденсату в конденсаторі турбін на 1 °С. Оскільки для водного шлаковидалення $\alpha_{\text{ВК}} = 0,85$, для вугілля марки АСШ $A^{\text{P}} = 22,9\%$ та $C_{\text{Г}} = 4\%$ [6], враховуючи, що $K = 1$, отримаємо $M_{\text{ТВ}} = 1,048 \cdot 10^9$ кг твердих викидів, що будуть складатись із золи та недопалених частинок. Вказані викиди в певній мірі будуть збиратися системами золонловлювання. Порахована кількість твердих частинок становить 17,5% від загальної маси спаленого за рік палива. Для ефективності золонловлювання 95% ($\eta_3 = 0,95$) маса твердих частинок, що викидається в атмосферу буде становити 52 тис.тон за рік, що становитиме 0,87% від загальної маси спаленого за рік палива. Оскільки теплота згоряння палива для Донецького вугілля марки АСШ становить 20,89 МДж/кг, то контамінаційний коефіцієнт (питомі викиди)

твердих частинок в атмосферу будуть визначатись відношенням $8,7 \cdot 10^{-3} / 20,89$ і становлять 0,416 кг/ГДж. Таке значення близьке до значення 0,437кг/ГДж, наведене у [7]. При недостатньо ефективній роботі ОСО, що привела до підвищення температури конденсату, наприклад, з 30 °С до 31 °С тиск у конденсаторі збільшиться на 0,25 кПа. При роботі п'яти парових турбін по 500 МВт таке зниження вакууму призведе до падіння потужності кожної турбіни на $\Delta N = 0,97$ МВт (всієї ТЕС на 4,85 МВт) і таким чином збільшить витрату палива, а значить і контамінаційний коефіцієнт на 0.194%. З врахуванням попередніх обрахунків, недостатньо ефективна робота ОСО, що призводить до підвищення температури у конденсаторі всього на 1 °С призведе до надлишкових викидів твердих частинок при відсутності золовловлювання 2,033 тис. тон в рік і в присутності золовловлювання викидів в атмосферу буде 102 т/рік.

Таким чином, результат досліджень показує, що ефективна робота ОСО суттєво впливає на екологічний стан навколишнього середовища і є необхідною умовою природоохоронного режиму роботи всієї ТЕС.

Література

1. Закон "Про Основні засади (Стратегію) екологічної політики України на період до 2030 року". <http://nppn.org.ua/news/strategiya-ekopolitiki>
2. Закон України "Про основи національної безпеки України" //Відомості Верховної Ради України. - № 39. - 26.09.2003. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/964-15#Text>
3. Інформаційне агенство Мінпром. <https://minprom.ua/>
4. Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций: МТ-34-70-010-83. М.: Союзтехэнерго, 1980.
5. Мейкляр М. В. Краткий справочник по паровым котлам, М. – Л., Госэнергоиздат, 1961.
6. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой мощности, М. – Энергоатомиздат, 1992.
7. George R. F., Chass R. L. Control of contaminant emissions from fossil full-fired boilers. — Journal of the Air Pollution Control Association, 1967, v. 17, № 6, p. 392 – 395. <https://doi.org/10.1080/00022470.1967.10468997>.

INFLUENCE OF THE EFFICIENCY OF WORKING OF CIRCULATING COOLING SYSTEMS OF THERMAL POWER PLANTS ON THE AMOUNT OF EMISSIONS OF SOLID PARTICLES

Valeriy GAYEVSKIИ

National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4180-7436>

Viktor FYLYPCHUK

National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5763-5398>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304824>

Keywords: *technoecology, coal thermal power plants, calculation of harmful emissions, steam turbine condensers, circulating cooling systems.*

Abstract

The paper identifies the main environmental problems of coal-fired power generation, which consist of a significant amount of harmful emissions from burning coal and the greatest use of water resources. On the basis of the balance relationships, the annual amount of emissions of solid particles for a thermal power plant (TPP) with a capacity of 2500 MW and the additional amount of emissions associated with the inefficient operation of the circulating cooling system (CCS) were calculated.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303102>

ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ОЧЕРЕТЯНОЇ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

Михайло ГАЛИШ, Ірина ДЕЙКУН

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
Берестейський проспект, 37, Україна, м. Київ 03056, Україна
e-mail: i.deikun@kpi.ua

Анотація

У роботі одержано очеретяну целюлозу органосольвентним способом з використанням варильного розчину, що містить концентровану оцтову кислоту, пероксид водню і каталізатор варіння - сірчану кислоту, визначено показники її якості та мікроскопічну будову. Досліджено фракційний склад целюлози по волокну та визначено середню довжину волокна.

Ключові слова: очерет, органосольвентна целюлоза, волокно, фракційний склад.

Ліси у світі займають загальну площу понад 4 млрд. га, а запаси деревини дорівнюють 527 млрд. м³. Ці ресурси розподілені по всьому світу і зосереджені переважно у Північній та Південній Америці, Європі та Азії. Хвойні і листяні породи є основними джерелами деревини для різних промислових потреб, включаючи виробництво целюлози різного призначення [1].

Загальна тенденція в наукових дослідженнях останніх років свідчить про збільшення інтересу до використання недеревної рослинної сировини як альтернативного джерела для одержання целюлози. Світовий ресурс недеревної рослинної сировини перевищує 1млрд. тонн. Створення нових технологій перероблення недеревної рослинної сировини може забезпечити постійно зростаючу потребу у целюлозі, що використовується як для виробництва паперу, так і для хімічного перероблення, сприяти оптимізації енерговитрат на виробництво целюлози та зниженню її собівартості [2].

Недеревні однорічні та багаторічні рослини мають високу швидкість росту і високу врожайність, що дозволяє забезпечити постійне та стабільне джерело сировини для виробництва целюлози. Використання недеревних рослин для виробництва целюлози є більш екологічним у порівнянні з використанням деревини, оскільки не спричиняє вирубування лісів та руйнування екосистем [1].

Використання стебел очерету для виробництва целюлози представляє собою цікавий напрямок в розвитку екологічно безпечного та ефективного використання природних ресурсів. Очерет відрізняється швидким ростом, це дозволяє отримувати високий приріст біомаси протягом короткого періоду часу, що може забезпечувати стабільне постачання сировини для виробництва целюлози. Відносно високий вміст целюлози в стеблі очерету дає можливість отримувати целюлозні напівфабрикати з достатнім виходом по відношенню до початкової маси стебла. В той же час, використання очерету для виробництва целюлози потребує необхідності вдосконалення існуючих технологій виробництва целюлози з врахуванням особливостей морфологічної будови та хімічного складу сировини.

Використання очерету для виробництва целюлози, призначеної для виготовлення паперу та картону, а також наноцелюлози вивчається в рамках низки досліджень [3,4], однак властивості целюлози, а відтак і напрями використання, визначаються способом її одержання та його технологічними параметрами.

Целюлозу в лабораторних умовах одержали варінням січки стебел очерету органосольвентним варильним розчином, що містив концентровану оцтову кислоту і пероксид водню. Як каталізатор варіння додавали сірчану кислоту. Температура варіння дорівнювала $102 \pm 2^{\circ}\text{C}$, тривалість варіння - 60 хв, гідромодуль – 9:1. Після варіння вихід целюлози складав 62,1% від маси абс. сух сировини, залишковий вміст лігніну - 3,87%, зольність - 2,19%, вміст а-целюлози - 82,3% та середній ступінь полімеризації - 430. Целюлоза після варіння мала високу білість (рис.1).



Рис. 1. Органосольвентна очеретяна целюлоза

Відомо, що за будовою однорічні та багаторічні рослини відрізняються від деревини наявністю більшої кількості анатомічних елементів. Найбільшу частку у стеблах цих рослин складають довгі волокна із загостреними кінцями, які можуть мати різну товщину та розмір порожнин. Також є значна кількість судин, паренхімних та епітеліальних клітин, клітин епідермісу, різних за формою, величиною та структурними особливостями [5].

Під час мікроскопічного дослідження встановлено (рис.2), що очеретяна органосольвентна целюлоза складається з великої кількості гарно делігніфікованих луб'яних волокон різної довжини і ширини, довгих і коротких паренхімних клітин та судин – переважно пористих і поодиноких спіральних та кільчастих. Клітини епідермісу виявлено у вигляді двосторонніх коротких пилок, окремих та з'єднаних між собою.

Довжина волокна целюлози має значний вплив на показники міцності паперу та картону, виготовлених із целюлози. Чим довше волокна, тим вище стійкість матеріалу до розриву та розтягування. Довгі волокна забезпечують стійкі зв'язки в аркуші, що робить матеріал міцнішим і стійкішим до механічних впливів. Водночас, наявність невеликої кількості коротких волокон сприяє формуванню більш щільної структури аркуша. Довжина волокон целюлози впливає також і на властивості продуктів, отриманих внаслідок хімічної модифікації целюлози та властивості їх розчинів.

Для визначення середніх розмірів целюлозних волокон та фракційного складу був проведений аналіз очеретяної целюлози з використанням приладу Кажаані FS-200. За результатами досліджень встановлено, що середня довжина волокна очеретяної целюлози складає 0,78 мм.



Рис. 2. Мікрофотографія соломи очерету

Визначення фракційного складу показало, що на довжину волокон до 1 мм приходить 99,18% волокон і 0,82% складають волокна з довжиною більше 1 мм. Найбільшу частку - 33,69% має фракція волокон з довжиною 0,40 - 0,60 мм (рис.3).

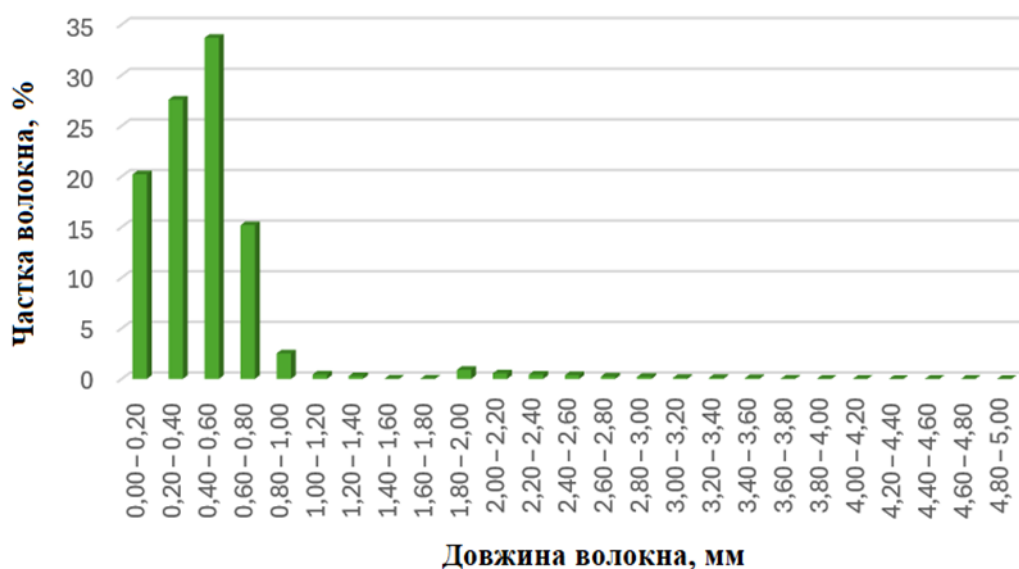


Рис. 3. Фракційний склад очеретяної целюлози за довжиною волокна

Проведені дослідження показали, що органосольвентний спосіб делігніфікації стебел очерету за одну стадію обробки дозволяє отримати вибілену целюлозу з високим виходом та достатньо низьким вмістом лігніну за невисокої температури варіння та тривалості процесу 1 год.

Середня довжина волокна очеретяної целюлози складає 0,78 мм. Довжину до 1 мм мають 99,18% волокон. Найбільша частка у кількості 33,69% припадає на довжину 0,40 - 0,60 мм.

Виходячи з одержаних результатів досліджень можна стверджувати, що органосольвентна целюлоза з очерету може бути використана як для виробництва паперу та картону, так і для хімічної модифікації.

Література

1. Барбаш, В. А., Дейкун, І. М. Хімія рослинних полімерів: навч. посіб. для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія». Київ: Каравела, 2018. 440 с.

2. Барбаш В.А. Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження: Навчальний посібник. Київ: Каравела, 2017. 288 с.

3. Barbash, V.A., Yashchenko, O.V., Gondovska, A.S., I.M. Deykun. Preparation and characterization of nanocellulose obtained by TEMPO-mediated oxidation of organosolv pulp from reed stalks. *Appl Nanosci* (2021). <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01749-z>.

4. M.D. Gómez-Sánchez, R. Sánchez, E. Espinosa, A. Rosal, A. Rodríguez. Production of cellulosic pulp from reed (*Phragmites australis*) to produce paper and paperboard. *Bioprocess Eng.* 13 (65–68), 2017. <https://doi.org/10.11648/j.be.20170103.11>.

5. Будова рослинної сировини. Курс лекцій з навчальної дисципліни [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.В. Трембус, І.М. Дейкун – Електронні текстові дані (1 файл: 7.89 МБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 93 с.

DETERMINATION OF FRACTIONAL COMPOSITION OF REED ORGANOSOLV CELLULOSE

Mykhailo HALYSH

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0003-3101-1378>

Iryna DEYKUN

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-9562-0928>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303102>

Keywords: *reed, organosolv cellulose, fiber, fractional composition.*

Abstract

In this work, reed cellulose was obtained by an organosolv method using a cooking solution containing concentrated acetic acid, hydrogen peroxide and sulfuric acid as a catalyst, and its quality indicators and microscopic structure were determined. The fractional composition of cellulose by fiber was studied and the average length of the fiber was determined.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305035>

MEASURED PERFORMANCE ANALYSIS OF A 5.04 KW GRID CONNECTED SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANT

Krasimir G. GEORGIEV

Institute of Mechanics,

Acad. G. Bontchev St., bl. 4, 1113 Sofia, Bulgaria

e-mail: krasimir.georgiev@imbm.bas.bg

Abstract

This article analysis the performance of the 5.04 kW grid connected solar PV power plant mounted on the roof of the demonstrational pavilion. The facility is located on Sofia, Bulgaria. The aim of this study is to show the amount of energy produced by the PV power plant in different seasons and conditions. This PV power plant was mounted and grid-coonected to the National grid and monitored since October 2019. In this article we are going to show the total annual amount of energy produced in 2022 and we are going to show the performance of the PV plant during different seasons and weather conditions. This report was prepared using the data available thanks to the InDeWaG Project documentation.

Keywords: *renewable sources, solar energy, PV systems, PV performance, data analysis.*

1. Introduction

The ambitious plan for carbon-neutrality by 2050, set out in the European Green Deal require large-scale action in all economic sectors: investment in new environmentally friendly technologies; innovations in industry; cleaner and cheaper transport; decarbonization of the energy sector; renovation of the building stock. Improving existing buildings and striving for smart solutions and energy efficient materials can reduce energy losses.

Producing energy using fossil fuels is becoming harder and also it has a negative effect on the environment. Recent studies show that these resources are coming to an end and we have to keep them as long as possible. Therefore, scientists and business must focus on developing renewable energy sources (RES) and find a way to store the energy produced by them so it can be used when needed.

RES such as solar PV, wind and water power plants must be projected to cover more and more of the future energy need not only in Bulgaria, but also worldwide [1]. Not only PV plants are capable of producing free energy from the sun, they are also responsible for the decreasing of the CO₂ emissions. It is known that 1 kWh of the electrical energy generated by a solar PV plant decreases the emission of 0.6 kg CO₂ into the atmosphere [2].

The usage of solar power generators has been encouraged in recent years owing to various environmental benefits [3]. PV Solar energy is concerned as the most efficient renewable energy for buildings and homes. Next images show the annual average radiation in Bulgaria. The installed solar capacities in our country are already 1.72 gigawatts and in 2022 they have produced a total of 2 terawatt hours of electricity [4]. It is expected that Bulgaria will double is production from PV plants during the next 5 years.

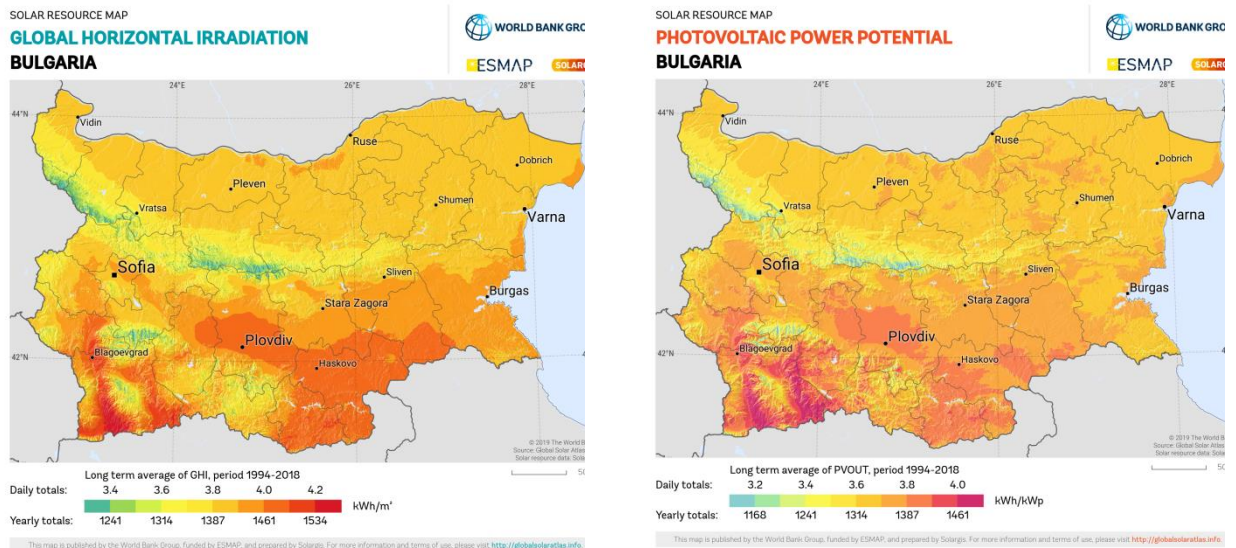


Figure 1. Global solar radiation and PV potential for Bulgaria. [5]

Bulgaria is now one of the most renewable energy countries in EU. During the last 3 years our country has tripled the energy produced from solar power plants, and now they produce over 20% of the energy in the energy mix of the country.

According to the Institute of Hydrology and Meteorology (IHM) of the Bulgarian Academy of Sciences (BAS) and its data for solar radiation Bulgaria is divided in 3 zones depending on the amount of the fallen solar radiation on 1 m² horizontal space. Sofia (the capital of Bulgaria and also where the described PV plant is situated) is situated in zone with average solar radiation approximately Sofia is situated on the South-West region of Bulgaria (zone 1), where the average theoretical solar radiation is < 1450 kWh/m²/year. [6].

2. Analyzed system configuration

2.1. PV plant description

The plant is located in Sofia, Bulgaria. It was built to cover the energy needs of the experimental building called demonstrational Pavilion, as a part of the InDeWaG project [7].

On the roof of the pavilion are installed 18 photovoltaic (PV) modules URECO F6E280H3A connected to solar inverter Huawei sun-2000 ktl. Power output of the solar generator is 5.04 kWp with an area of 29.3 m². PV modules are mounted with a tilt angle of 10 degrees facing south. (fig. 2.). The pavilion is connected to the grid and the excess energy from the solar generator is being exported to the local electric grid. When electricity from PV panels is more than the consumption of the Pavilion, this amount of energy is delivered to the electric grid and when the pavilion needs more electricity, it is taken from the electric grid. In order to monitor power consumption of the pavilion smart meters have been mounted in the main electrical box. This gives us a chance to collect and analyze data for all electrical consummators. All data is stored in a cloud and can be accessed via web browser and mobile application [8].

3. Data analysis

Monitoring, and researching of the pavilion during its operation helps to improve the work of PV system and create a complete analysis on its work. With the help of this analyst, we can create a complete view on the work of the PV under different weather conditions and in different seasons.

The data logger collects data from different measurement sensors and inverters through and transfers it to the cloud from where it can be exported in different files, so it can be easily analyzed. Data logger records solar irradiance, voltage, current and power at input and output of each inverter as well as wind speed and module temperature at an interval of every 5 min.

PV module data:

Model - STC F6E280H3A

Maximum Rating Power (Pmax) [W]: 280

Module Efficiency [%]:17.2



Figure 2. PV system on the roof of the innovative demonstrational pavilion in Sofia with installed capacity 5.04 kWp

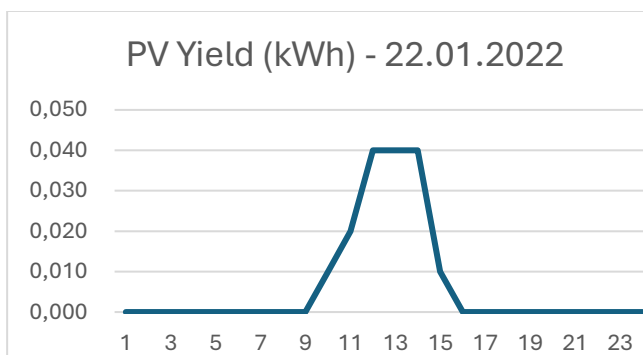
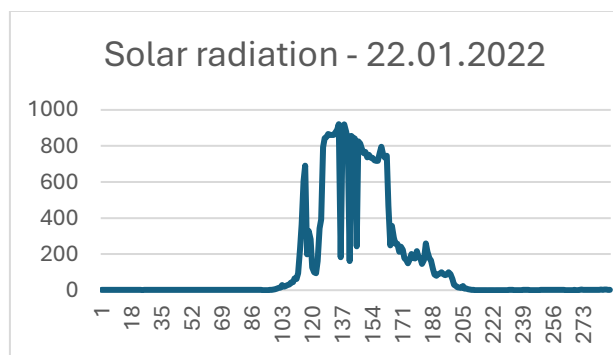


Figure 3. Energy production and solar radiation on 21.01.2022

Average solar radiation (solar radiation during active hours) – 405, 82 W/m²K, produced energy on 22.01.2022 – 0.16 kW, energy produced on January, 2022 - 216,82 kWh

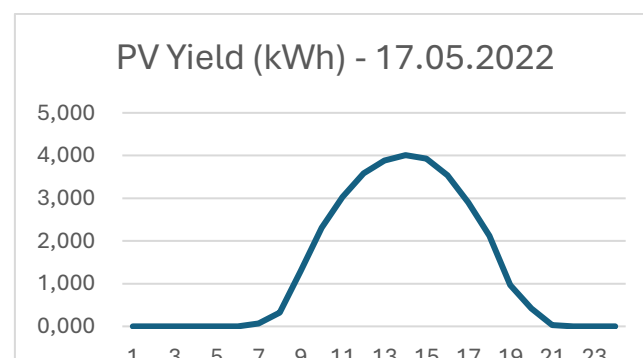
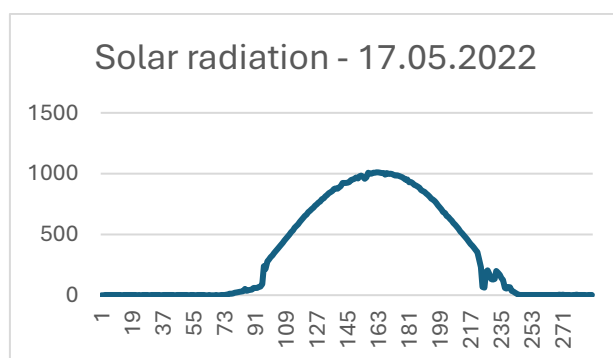


Figure 4. Energy production and solar radiation on 17.05.2022.

Average solar radiation (solar radiation during active hours) – 681, 24 W/m²K, produced energy on 17.05.2022 – 32,4 kW, energy produced on May, 2022 - 866,530 kWh

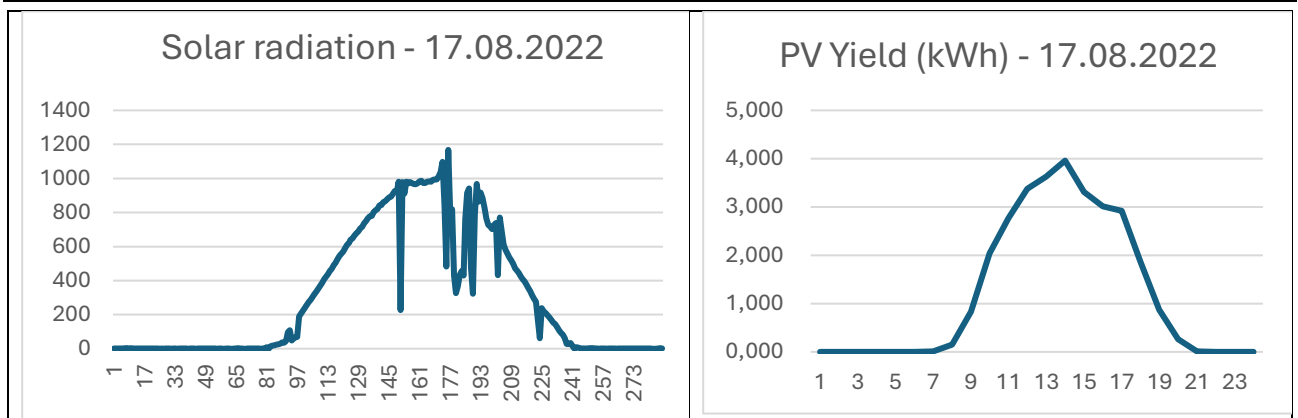


Figure 5. Energy production and solar radiation on 17.08.2022

Average solar radiation (solar radiation during active hours) – 594,08 W/m²K, produced energy on 17.05.2022 – 29,02 kWh, energy produced on August, 2022 - 714,80 kWh

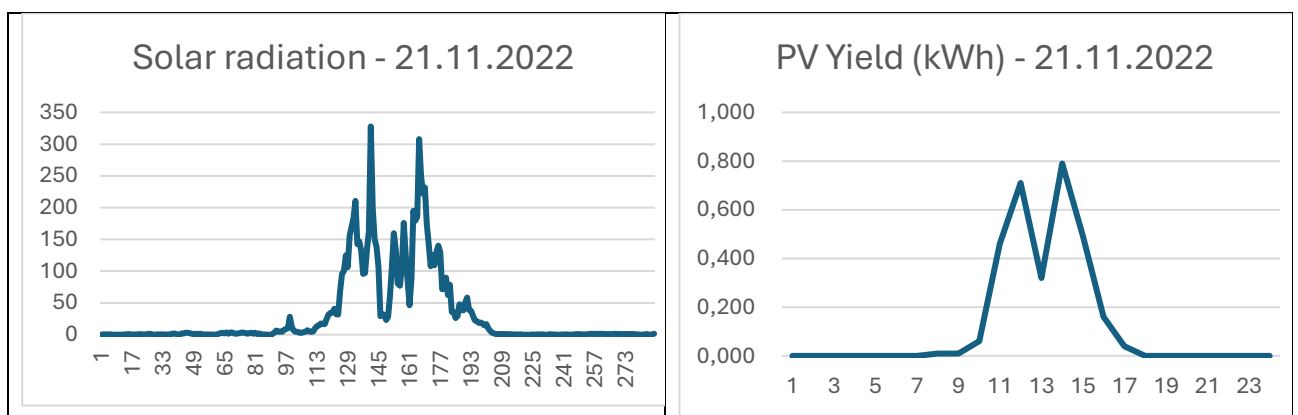


Figure 6. Energy production and solar radiation on 21.11.2022

Average solar radiation (solar radiation during active hours) – 109,22 W/m²K, produced energy on 21.11.2022, energy produced on November, 2022 - 3,05 kWh

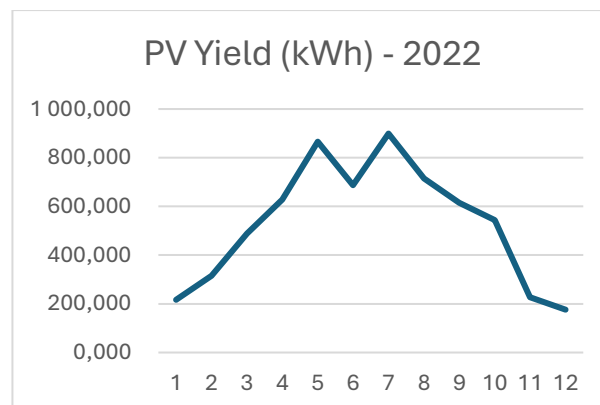


Figure 7. Energy produced during the whole 2022 – 6378,46 kWh

Conclusions

A detailed performance analysis based on monitored data and operating experience of PV systems is required for large scale integration of grid PV systems in future.

During the monitored year 2022 this PV plant produced 6, 38 MWh

In this paper, the performance analysis of 5.04 kW PV system mounted on the roof of the demonstrational Pavilion was performed. After analyzing the data from the PV power plant, we can state that:

- Bulgaria with its situation has a great potential for developing renewable source section.
- These small PV power plants are suitable for covering the electricity need for households and small residential buildings.
- These PV plants can deliver over 5000 kW and they can be useful when there is solar radiation during the daylight.
- This energy should be stored and used during the rest time of the day to meet the need from electricity.
- Even though there is enough solar radiation not always the PV plant manages to produce enough energy to fulfil the needs of the pavilion. This is due to the angle the solar panels are mounted on the roof.

It must also be stated that photovoltaic systems are a source of clean energy, since they do not contribute to carbon gas emissions and are accessible by many households and countries.

Acknowledgements

The author would like to acknowledge Central laboratory for solar energy and new energy sources from Bulgarian academy of sciences for being part of the InDeWaG project and for the ability to use the data from the demonstrational pavilion in this article.

References

- [1] P. Gramatikov, "Solar energy utilization opportunities in Bulgaria," NATO Security through Science Series C: Environmental Security, 2007.
- [2] T. M. P. D. S. P. Dragana D. Milosavljević, Performance analysis of A grid-connected solar PV plant in Niš, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015.
- [3] L. Z. R. S. Sahar Arsh, "Weather Based Photovoltaic Energy Generation".
- [4] Петкова, Д. „Фотоволтаичните мощности у нас се увеличават с 38% през 2022 г., <https://www.investor.bg/a/518-energetika/372722-fotovoltaichnite-moshtnosti-u-nas-se-uvlichavat-s-38-prez-2022-g>
- [5] “Solar resource maps of Bulgaria”, <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/bulgaria>
- [6] Koleva, E.G. and Mladenov, G.M. (2014) ‘Renewable energy and energy efficiency in Bulgaria’, Progress in Industrial Ecology
- [7] "InDeWaG Official Project Documentation," [Online]. Available: www.indewag.eu/leaflets.php.
- [8] K. V. N. S. M. Georgiev, Study of Time Series Connected to an Innovative Window Heat Transfer System, Advanced Computing in Industrial Mathematics (pp. 24-33), 2023.

**АНАЛІЗ ВИМІРЯНИХ ПОКАЗНИКІВ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 5,04 КВТ,
ПІДКЛЮЧЕНОЇ ДО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ**

Красімір ГЕОРГІЄВ

Інститут механіки Болгарської Академії Наук, Болгарія
<https://orcid.org/0009-0002-3675-9863>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305035>

Ключові слова: *відновлювані джерела, сонячна енергія, фотоелектричні системи, продуктивність фотоелектричних систем, аналіз даних.*

Анотація

У цій статті проаналізовано продуктивність підключеної до мережі сонячної фотоелектричної електростанції потужністю 5,04 кВт, встановленої на даху демонстраційного павільйону. Об'єкт розташований у Софії, Болгарія. Мета цього дослідження - показати кількість енергії, виробленої фотоелектричною станцією в різні пори року та за різних умов. Ця сонячна електростанція була змонтована і підключена до національної електромережі, а моніторинг проводився з жовтня 2019 року.

У цій статті ми покажемо загальний річний обсяг енергії, виробленої у 2022 році, а також покажемо продуктивність фотоелектричної станції в різні сезони та погодні умови.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303277>

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ВИРОБНИЦТВА ПЕТ ПЛЯШОК

Володимир ГМИРЯ, Юрій САМАРЦЕВ

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
Берестейський проспект, 37, Україна, м. Київ 03056, Україна
e-mail: vova.gmyria@gmail.com

Анотація

У статті розглядається важливість переходу на більш екологічно стійкі матеріали для виробництва пакувальної продукції, зокрема поліетилентерефталат (ПЕТ). Наголошується на перевагах ПЕТ пляшок порівняно з традиційними видами упаковки, такими як менший вуглецевий слід та задоволення запитів споживачів щодо екологічності. Описуються основні етапи виробництва ПЕТ пляшок та необхідність чіткого контролю параметрів процесу, особливо температури. Представлено комплексну систему вимірювання температури з набором датчиків, комутатором, мікросхемами обробки даних та екраном для моніторингу. Обґрунтовано важливість розрахунку фізичних величин ПЕТ преформи, зокрема товщини стінки, перед нагріванням для забезпечення належної якості кінцевого виробу. Наведено структурну схему системи вимірювання цих параметрів з відповідними компонентами. Підкреслюється, що впровадження таких сучасних автоматизованих систем моніторингу створює надійну основу для високоякісного екологічно безпечного виробництва ПЕТ пляшок.

Ключові слова: поліетилентерефталат, ПЕТ пляшки, екологічна стійкість, контроль температури, вимірювання параметрів, товщина стінки преформи, автоматизована система моніторингу, виробництво упаковки.

ВСТУП

В умовах зростаючої екологічної свідомості та кліматичних викликів виробники пакувальних матеріалів все частіше звертаються до альтернативних рішень, більш дружніх до навколишнього середовища. Одним з таких матеріалів є поліетилентерефталат (ПЕТ) [1], який витісняє традиційні види упаковки на основі металів, скла чи менш екологічних видів пластику. Перехід на ПЕТ пляшку дозволяє суттєво зменшити вуглецевий слід підприємств та задовольнити запити споживачів щодо екологічності продукції.

В цілому існує декілька основних типів полімерних матеріалів для виробництва пластикової тари, кожен з яких має свої характеристики та сфери застосування. Поліетилентерефталат (ПЕТ) вирізняється високою міцністю, прозорістю, стійкістю до проникнення газів та хімічних речовин. Саме тому він є оптимальним рішенням для упаковки харчових продуктів, напоїв та деяких інших видів промислової продукції. ПЕТ забезпечує надійний захист вмісту від впливу зовнішніх факторів та хімічну інертність при контакті з їжею, гарантуючи її безпечність.

Полівінілхлорид (ПВХ) [2] також міцний матеріал, проте менш прозорий і більш гнучкий у порівнянні з ПЕТ. Він широко застосовується для виготовлення жорстких контейнерів,

плівок тощо. Поліпропілен (ПП) [3] характеризується легкістю та витримує високі температури, тому підходить для гарячих рідин. Поліетилен (ПЕ) [4] використовується для виробництва гнучкої плівкової упаковки та пакетів.

Таким чином, серед усіх видів пластику ПЕТ вирізняється оптимальним балансом фізичних характеристик, безпечності та екологічності, що робить його ідеальним матеріалом для харчової та машинобудівних промисловості.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Переведення виробництва на ПЕТ пляшки дозволяє знизити екологічний вплив підприємств та відповідати вимогам споживачів стосовно екологічної сталості [5].

Виробництво ПЕТ пляшок складається з кількох етапів. Спочатку ПЕТ гранули екструдуються за високих температур у вигляді трубки - преформи. Потім преформа надувається стисненим повітрям або інертним газом до потрібної форми пляшки чи іншого контейнера. На завершальній стадії відбувається охолодження та затвердіння виробу [6].

Для забезпечення високої якості та стабільності виробництва необхідно чітко контролювати всі параметри процесу - тиск, температуру, швидкість, часові інтервали тощо [7].

З метою створення надійної системи контролю параметрів виробництва ПЕТ тари розроблено комплексну систему вимірювання температури в процесі збору даних та управління процесом.

Структурна схема системи вимірювання температури наведена на Рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема системи вимірювання температури
НДТ – набір датчиків температури; КМ – комутатор каналів вимірювання температури; МОВД – мікросхема обробки вхідних даних; МКО – мікросхема кодування та обробки; ЕКР – екран

Структурна схема такої системи містить набір датчиків температури (НДТ) - датчики розміщені у відповідних місцях вимірювання температури для забезпечення розподілу температурного поля згідно вимог технологічного процесу. Вони перетворюють теплову енергію на електричні сигнали. Потім комутатор каналів вимірювання температури (КМ) забезпечує послідовне підключення кожного датчика з набору НДТ до наступних схем для зчитування показників. Мікросхема обробки вхідних даних (МОВД) - приймає електричні сигнали від датчиків через комутатор КМ і виконує їх первинну обробку. Мікросхема кодування та обробки (МКО) - отримує попередньо оброблені сигнали від МОВД і здійснює їх кодування (перетворення в цифрову форму) та подальшу цифрову обробку для визначення фактичних значень температури. Вся поточна інформація надходить на екран (ЕКР).

Згодом виходячи з результатів цих даних, оператор корегує температурне поле печі для рівномірного нагріву. Правильний температурний режим нагрівання преформ є критично важливим для забезпечення належних фізико-механічних властивостей кінцевого виробу. Надмірний або нерівномірний нагрів може призвести до деструкції полімеру, появи тріщин, нерівномірної деформації під час роздуву. Недостатнє нагрівання, навпаки, не дозволить матеріалу набути необхідної в'язкості та еластичності для формування заданої геометрії.

Розрахунок фізичних величин ПЕТ преформи перед її нагріванням має вирішальне

значення для забезпечення якісного виробництва пластикових пляшок методом видування [8]. Це пов'язано з тим, що фізичні характеристики преформи безпосередньо впливають на процес її розтягування та формування кінцевого виробу.

Однією з ключових фізичних величин, яка ретельно розраховується, є товщина стінки преформи. Від неї залежить рівномірність розподілу матеріалу в процесі видування, що гарантує однорідність товщини стінок готової пляшки. Нерівномірна товщина стінки призводить до її деформації чи навіть розриву під час розтягування.

Вимірювання параметрів ПЕТ преформи для розрахунку температурного поля, необхідного для процесу видува, проводиться за схемою, наведеною на Рис. 2.



Рис. 2. Структурна схема системи вимірювання фізичної величини ПЕТ преформи: *НДФВ – набір датчиків фізичної величини; КМ – комутатор; МКОУ – мікросхема керування, обробки та управління; МНТ – монітор*

Набір датчиків вимірювання параметрів фізичних величин (НДФВ) вимірює певні параметри фізичних величин, а саме товщину стінок, висоту та ширину ПЕТ преформи. Виміряні значення ід датчиків через комутатора (КМ) надходять до мікросхеми керування, обробки та управління (МКОУ). МКОУ виконує розрахунки параметрів ПЕТ преформи та формує необхідну температуру для тієї чи іншої преформи. Результати розрахунків та стан системи відображаються на моніторі (МНТ) для контролю з боку оператора.

Таким чином, система збирає дані про поточний стан ПЕТ преформи, обробляє ці дані, розраховує необхідні параметри та готує преформу до наступного етапу - нагрівання, забезпечуючи при цьому моніторинг процесу для оператора.

ВИСНОВОК

В статті представлений обґрунтований підхід щодо впровадження сучасних автоматизованих систем моніторингу, створює надійну основу для високоякісного виробництва ПЕТ пляшок. Це не лише забезпечить екологічну безпеку та високі стандарти якості продукції, але й значно підвищить рівень контролю та керованості виробничим процесом, сприяючи ефективності підприємства.

Література

1. Поліетилентерефталат / Вікіпедія — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Поліетилентерефталат> — 15.04.2024 р.
2. Перспективи використання мікробних біополімерів полігідроксibuтирату та полілактату / Салата А. М., Салата О. С., Федун Н. О., Васильченко О. А.
3. Електроактивні полімерні матеріали / Юрженко Максим Володимирович — 2013. – С. 102-105.
4. Поліетилен PE-1000: Надійний матеріал для різноманітних застосувань — Режим доступу: <https://plastiki.com.ua/polietilen-pe-1000-nadijnij-material-dlja-riznomanitnih-zastosovan> — 22.04.2024 р.
5. 5 причин використовувати ПЕТ сировину для виробництва нової продукції — Режим доступу: <https://vtorma.ua/ua/vikoristannya-pet-sirovinu-dlya-virobnitstva-pererobnikiv/> —

23.04.2024 р.

6. Технологія виробництва пластикових пляшок — Режим доступу: <https://dzp.com.ua/articles/tekhnohiiia-vyrobnytstva-pet-plashok> — 15.01.2023 р.

7. Автоматизація процесів виробництва ПЕТ-тари / Автоматизація в промисловості. Режим доступу: https://avtprom.ru/articles/avtomatizaciya_processov_proizvodstva_pet_tary/ — 25.04.2024 р.

8. Новий підхід до розв'язання задачі моніторингу активності параметрів процесу виробництва ПЕТ-пляшок / Беляєв Ю. Б., Івашук В. В., Васьків М. В. — 25.04.2024 р.

AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING PET BOTTLE PRODUCTION PARAMETERS

Volodymyr GMYRIA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0002-0979-2019>

Yuriy SAMARTSEV

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-6762-0090>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303277>

Keywords: *PET bottles, environmental sustainability, temperature control, parameter measurement, preform wall thickness, automated monitoring system, packaging production, polyethylene terephthalate.*

Abstract

The article discusses the importance of transitioning to more environmentally sustainable materials for packaging production, particularly polyethylene terephthalate (PET). It emphasizes the advantages of PET bottles over traditional packaging types, such as a lower carbon footprint and meeting consumer demands for eco-friendliness. The main stages of PET bottle production are described, along with the necessity for precise control of process parameters, especially temperature. A comprehensive temperature measurement system with a set of sensors, a switching unit, data processing microchips, and a monitoring screen is presented. The importance of calculating the physical properties of the PET preform, particularly wall thickness, before heating is justified to ensure the proper quality of the final product. A structural scheme of the system for measuring these parameters with corresponding components is provided. The article highlights that the implementation of such modern automated monitoring systems creates a reliable foundation for high-quality and environmentally safe PET bottle production.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.306206>

ВИКОРИСТАННЯ СИЛКАТУ НАТРІЮ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ: ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ

Катерина ГОРДІЄНКО, Ярослав РАДОВЕНЧИК
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
пр. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна
e-mail: dey85@ukr.net

Анотація

З огляду на зниження якості природних вод, наявна потреба в передових методах пом'якшення питних та промислових вод зростає. Основна увага в цій сфері приділяється методам видалення іонів магнію та кальцію. Причому, магній важче видаляти через його тенденцію формувати менш розчинні сполуки. Загальний успіх пом'якшення залежить від можливості повного видалення цих катіонів з води. Увага наших досліджень була зосереджена на силікаті натрію як потенційному реагенті для пом'якшення води. Як було встановлено, висока ефективність у видаленні катіонів жорсткості забезпечується лише при високих значеннях рН, що вимагає додаткового регулювання водневого показника після пом'якшення. В нейтральному середовищі силікат натрію показав недостатню ефективність для процесів пом'якшення питних вод. Не зафіксовано значного покращення (в порівнянні із традиційними реагентами – карбонати, гідроксиди, фосфати) і в процесах відділення утвореної твердої фази. Освітлення оброблених розчинів відбувається надто повільно, а фільтрування характеризується швидкою кальматацією пор фільтру та суттєвим зниженням швидкості фільтрування. Ефективність відстоювання та фільтрування істотно не змінюється при зміні вихідної жорсткості води або пропорцій силікату натрію. В окремих випадках при низьких значеннях жорсткості утворення візуально помітного осаду взагалі не фіксується. Загалом, використання силікату натрію не супроводжується особливими властивостями в порівнянні з традиційними реагентами тому не може забезпечити відповідних вимог для застосування у системах малої та середньої продуктивності.

Ключові слова: силікат натрію, кальцій, магній, пом'якшення, видалення, регулювання рН.

Кліматичні зміни та антропогенний вплив значно змінюють якість природних вод, вимагаючи її обробки перед використанням. Вода часто містить високі концентрації іонів кальцію та магнію, роблячи її непридатною для пиття та промислового використання. Особливо це помітно у східних та південних регіонах України через забруднення водою. Підземні води також потерпають від підвищеної мінералізації. Споживання такої води може спричинити серйозні проблеми для здоров'я людини та знизити ефективність промислового обладнання. Відтак, дослідження зниження мінералізації та жорсткості води є надзвичайно важливими.

Допустимий рівень іонів кальцію та магнію, що визначає жорсткість води, варіюється залежно від споживача. В Україні норма жорсткості для питної води встановлена на рівні 7 мг-екв/дм³ [1]. Харчова промисловість та енергетичні установки потребують значно меншої

жорсткості – до 0,2 та 0,05 мг-екв/дм³ відповідно [2]. Традиційні методи пом'якшення, такі як содово-вапняна обробка [3], ефективні при певних умовах, але мають обмеження в менших установках через високу вартість реагентів. Іонообмінні установки, хоча і ефективні, призводять до значного викиду в довкілля регенераційних розчинів, підвищуючи мінералізацію водою. Це загострює проблему захисту гідросфери від антропогенного впливу та вимагає кардинальних рішень.

Силікат натрію, відомий також як рідке скло, рекомендовано як реагент для зниження жорсткості природних вод [4]. Цей реагент вже давно використовується в технологіях обробки води як неорганічний флокулянт на основі активованої кремнієвої кислоти. В якості активуючих агентів застосовують кислоти, хлор, алюмінієві сполуки та інші реагенти. Як аніонний поліелектроліт, силікат натрію взаємодіє з позитивно зарядженими частками, утворюючи нерозчинні сполуки з іонами кальцію. У зв'язку з обмеженою наявністю детальних досліджень у науковій літературі, ми дослідили ефективність силікату натрію як осаджувача солей жорсткості та його придатність для систем пом'якшення води малої та середньої продуктивності.

Дослідження включало приготування модельних розчинів із змінним вмістом іонів кальцію (Ca^{2+}) та магнію (Mg^{2+}) та їх обробку варіативними дозами силікату натрію (Na_2SiO_3) за різних рівнів рН, температур та співвідношень компонентів. Сформований осад відокремлювали за допомогою фільтрування через фільтр «синя стрічка» відразу після змішування компонентів, а залишкову жорсткість визначали методом титрування з використанням еріхромового чорного Т та трилону Б. Також було здійснено дослідження інтенсивності освітлення та фільтрації оброблених розчинів для визначення оптимальних умов формування компактного осаду та потенціалу їх використання у системах з малою та середньою продуктивністю. Для вивчення інтенсивності фільтрування утвореної суспензії використовували лабораторну лійку діаметром 5,5 см із фільтром «біла стрічка» діаметром 110 мм, виконуючи фільтрацію при повному її заповненні. Отримані результати порівнювали з даними для дистильованої води.

На початковому етапі досліджень основну увагу було приділено іонам магнію, оскільки вони формують нерозчинні сполуки, що ускладнює їх видалення з води. Ми варіювали співвідношення між силікат-іонами та іонами магнію, аналізуючи як це впливає на ефективність пом'якшення води, освітленість суспензій та швидкість їх зневоднення через фільтрацію. Значні труднощі виникали через відсутність детальної інформації про формування твердої фази при високій магнієвій жорсткості, особливо при обробці силікатом натрію. Це стало однією з причин для подальшого дослідження процесів видалення іонів магнію.

За результатами експериментів з'ясувалося, що ефективність процесів пом'якшення водних розчинів силікатом натрію залежить від багатьох факторів, зокрема від рН середовища та від співвідношення між силікат-іонами та іонами магнію. Виявлено, що в нейтральному діапазоні рН формування твердої фази є досить проблематичним для візуального спостереження, хоча після фільтрування незначне зниження жорсткості все ж фіксується. Збільшення рН сприяє зниженню залишкової жорсткості. Найбільша ефективність пом'якшення досягається при рН вище 10, що викликає певні труднощі для застосування цього методу в системах з обмеженою продуктивністю через потребу в наступному корегуванні рН.

Щодо результатів вивчення процесів відстоювання та фільтрації сформованої твердої фази, то варто зазначити, що вони також не були оптимістичними. Дослідження показали, що суспензії після пом'якшення освітлюються дуже повільно, і велика частина твердих часток залишається у розчині навіть після годинного відстоювання. Співвідношення між компонентами не впливає на якість освітлення, що свідчить про низьку ефективність силікату натрію в цьому контексті.

Окрім того, вивчення фільтрування розчинів через фільтр «біла стрічка» показало, що корегування дози осаджувача та водневого показника не впливає на швидкість фільтрації, яка залишається порівняно низькою та досить далекою від аналогічних показників для дистильованої води. Це додатково підтверджує, що силікат натрію не є більш ефективним реагентом в порівнянні з традиційними реагентами для масштабованого застосування в системах пом'якшення води з високою магнієвою жорсткістю, особливо в системах малої та середньої продуктивності.

Висновки

Проведенні дослідження виявили, що силікат натрію може бути використаний для пом'якшення води, хоча цей процес вимагає підтримання високого рівня рН для досягнення залишкової жорсткості води на рівні 0,6 – 2,5 мг-екв/дм³. Ефективність силікату натрію спостерігається при стехіометричних чи вищих співвідношеннях компонентів. Тим не менше, фільтраційні характеристики утвореної твердої фази в порівнянні з аналогічними сполуками карбонатів, фосфатів, і гідроксидів не виділяються значним покращенням, що обмежує застосування силікату натрію в системах низької і середньої продуктивності, де основним методом розділення фаз є фільтрування. У контексті процесів відстоювання, силікат натрію забезпечує недостатньо високу якість очищення води, виділяючись великим об'ємом твердої фази.

У зв'язку з незадовільними параметрами процесу освітлення обробленої води, в подальшому плануємо провести додаткові дослідження ефективності цього реагенту при одночасній наявності іонів магнію та кальцію у розчині. Також плануємо дослідити вплив різних флокулянтів на утворення твердої фази.

Література

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" - Наказ Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 р. № 400.
2. Орлов В. О. Водопостачання промислових підприємств: Навчальний посібник / В. О. Орлов, Л. Л. Литвиненко, А. М. Орлова. – К. : Знання, 2014. — 278 с.
3. Запольский, А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води - К.:Вища школа, 2005 – 612 с.
4. Шаблій Т. О., Радовенчик В. М., Гомеля М. Д. Застосування нових реагентів в промисловому водоспоживанні. – К.: Інфодрук, 2014. – 302 с.

USING SODIUM SILICATE IN WATER SOFTENING TECHNOLOGIES: ASSESSMENT
OF EFFICIENCY

Kateryna HORDIENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-7722-7567>

Iaroslav RADOVENCHYK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0101-0273>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303495>

Keywords: *sodium silicate, calcium, magnesium, softening, removal, pH adjustment.*

Abstract

Due to the declining quality of natural water sources, the demand for advanced methods of softening drinking and industrial water is growing. The primary focus in this field is on removing magnesium and calcium ions. Magnesium is particularly challenging to eliminate due to its tendency to form less soluble compounds. The overall success of water softening relies on the ability to completely remove these cations from the water. Our research focused on sodium silicate as a potential reagent for water softening. It was found that high efficiency in removing hardness cations is achieved only at high pH levels, necessitating additional pH adjustments after softening. In a neutral environment, sodium silicate demonstrated insufficient effectiveness for drinking water softening. No significant improvement was observed in comparison to traditional reagents like carbonates, hydroxides, and phosphates in the separation processes of the formed solid phase. The clarification of treated solutions is too slow, and filtration is characterized by rapid clogging of filter pores and a significant reduction in filtration rate. The efficiency of sedimentation and filtration does not significantly change with varying initial water hardness or sodium silicate proportions. In some cases, where water hardness is low, a visually noticeable sediment may not form at all. Overall, the use of sodium silicate does not exhibit unique properties compared to traditional reagents, so it cannot meet the requirements for use in small and medium-capacity systems.



ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Йосип ГРИБ¹, Сергій КОВАЛЬЧУК², Андрій КАЛЬКО^{1,2}

¹ Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33003, Україна

² Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП

вул. Вишиванка 35, м. Рівне, 33027, Україна

e-mail: s.v.kovalchuk@nuwm.edu.ua

Анотація

В роботі пропонується як один із варіантів вирішення проблем визначення токсичності поверхневих вод через використання показників чисельності домішок та величини мінералізації (добутку розчинності солей).

Ключові слова: токсичність, поверхневі води, домішки, концентрація, мінералізація, самоочищення.

Проблема визначення токсичності поверхневих вод залишається актуальною і дискусійною, оскільки залежить від багатьох чинників – різноманітності домішок та їх концентрації, їх токсичності і комбінованої дії, твердості води та її мінералізації, газового режиму, редокс-потенціалу

На сьогодні згідно з прийнятими нормативними документами для визначення рибогосподарської якості води приймається рівень перевищення ГДК одного з переважаючих токсичних домішок (іонів деяких металів, фенолів, отрутохімікатів, СПАР, нафтопродуктів тощо) за якими визначається індекс токсичності I_T [1, 2].

На нашу думку, з досвіду практичної гідрохімії, цей підхід хоч і є практичним, однак не дуже вдалим, оскільки рівень формування токсичної ситуації визначає сумарний вплив домішок і чинників, при цьому не дається оцінка процесу доочищення біотою від органічних домішок, біосинтезу фітопланктону та зоопланктону.

Для оцінки токсичності водного середовища можна використати формулу (1):

$$I_T = \left[\left(\frac{\sum C_i}{C_{i_0}} \right) / n \right] \cdot \alpha_1 \alpha_2 \quad (1)$$

де $\left(\frac{\sum C_i}{C_{i_0}} \right)$ – відношення перевищень суми домішок до регламентованих величин;

n – чисельність домішок;

α_1 – коефіцієнт самоочищення водного середовища від органічних домішок розрахований за відношенням маси органічного вуглецю до величини BCK_5 ;

α_2 – вплив величини мінералізації на токсичність середовища (оцінюється за добутком розчинності солей).

В подальшому необхідно звернути увагу на процес закислення водного середовища. При оцінці результатів досліджень сольового складу мінералізації води давалась оцінка загальної

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

маси, при цьому не зверталась увага на процеси закислення. Коефіцієнт закислення можливо вирахувати за відношенням суми хлоридних і сульфатних іонів, визначених при гідрохімічних зйомках, до їх концентрацій [3].

Таким чином можна зазначити, що

$$\alpha_2 = \frac{(Cl^- + SO_4^{2-})_{\phi}}{(Cl^- + SO_4^{2-})_p} \quad (2)$$

Як приклад наведемо усереднену оцінку екологічної ситуації у водному середовищі річки Західний Буг у створі нижче м. Сокаль (власні дані) за вмістом токсичних домішок (табл. 1).

Табл. 1. Токсичність води в р. Західний Буг за домішками нижче м. Сокаль, мкг/дм³

№, п/п	Види домішок	Регламентовані величини	Фактичне значення	Перевищення ГДК
1	Ртуть	0,02 - 0,05	не визн.	0
2	Кадмій	0,1	не визн.	0
3	Мідь	1,0	54,0	54
4	Цинк	10,0 - 15,0	8,0	2
5	Свинець	2,0 - 5,0	11,0	2
6	Хром заг.	2,0 - 3,0	4,0	1,3
7	Нікель	1,0 - 5,0	2,0	0,5
8	Миш'як	1,0 - 3,0	не визн.	0
9	Залізо заг.	50,0 - 70,0	100,0	2
10	Марганець	1,0 - 3,0	5,0	2
11	Фториди	100,0 - 125,0	20,0	0
12	Ціаніди	1,0 - 5,0	не визн.	0
13	Нафтопродукти	10,0 - 25,0	20,0	0
14	Феноли леткі	менше 1,0	2,0	2
15	СПАР	менше 10,0	20,0	2
Сума перевищень за іонами металів				67,8

Індекс токсичності за іонами металів складає 67,8.

Коефіцієнт самоочищення за відношенням маси органічного вуглецю до величини біохімічного споживання кисню за п'ять діб $28,0/4,0 = 7,0$. Тоді рівень токсичності за створом спостережень буде складати:

$$I_T = 13,0 \cdot 7 = 91$$

Отже ми матимемо у створі спостережень стан водного середовища за п'ятим класом якості, тобто води є дуже брудними [4].

За даними досліджень вченими з польської сторони у створі села Литовеж спостерігається перевищення за вмістом іонів міді, цинку, хрому, заліза, нафтопродуктів, СПАР (табл. 2).

Узгоджені показники у воді створу річки Західний Буг біля села Литовеж демонструють значні перевищення рівнів токсичності за одинадцятьма позиціями, що усереднено:

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

$$I_T = 163,0 / 10 = 16,3$$

Коефіцієнт самоочищення складатиме:

$$\alpha_1 = C_{\text{орг}} / \text{БСК}_5 = 30 / 18 = 1,6$$

Таким чином, токсичність води річки Західний Буг у створі села Литовеж становить:

$$I_T = 163,0 \cdot 1,6 = 22,1$$

За переважаючими видами токсичних домішок (коефіцієнт більше 10,0) екологічний індекс токсичності складатиме:

$$I_T = 30,0 \cdot 1,6 = 48,0$$

Тобто води можна віднести до п'ятого класу токсичності.

Табл. 2. Токсичність води у р. Західний Буг за домішками у створі с. Литовеж, мкг/дм³

№, п/п	Види домішок	Регламентовані величини	Фактичне значення	Коефіцієнт перевищення
1	Ртуть	0,02 - 0,05	0,2	4,4
2	Кадмій	0,1	5,0	50,0
3	Мідь	1,0	18,0	18,0
4	Цинк	10,0 - 15,0	487,0	32,0
5	Свинець	2,0 - 5,0	30,0	6,0
6	Хром заг.	2,0 - 3,0	10,0	3,3
7	Нікель	1,0 - 5,0	30,0	6,0
8	Миш'як	1,0 - 3,0	не визн.	0
9	Залізо заг.	50,0 - 70,0	522,0	10,0
10	Марганець	1,0 - 3,0	0,17	0
11	Алюміній	10,0	не визн.	0
12	Сольовий фон, хлорити мкг/дм ³	50,0	116,0	2,3
13	Нафтопродукти	10,0 - 25,0	60,0	2,0
14	Феноли леткі	менше 1,0	3,0	3,0
15	СПАР	менше 10,0	209,0	21,0
16	Сульфати	10,0	128,0	13,0
17	Органічна речовина, C _{орг.}	7,0	30,0	4,3
Сумарне перевищення за іонами металів				165,4

Прим. За еталон прийняті регламентовані дані. З польського боку за еталон прийняті дані другого класу якості вод.

За даними наших спостережень, токсичність вільних іонів важких металів більше проявляється у м'якій слабомінералізованій воді. У високомінералізованій воді токсичність знижується за рахунок комплексоутворення, зокрема за рахунок закислих форм іонів заліза та марганцю. При плановій можливості підживлення річки Прип'ять водою з річки Західний Буг станеться підвищення рівня токсичності і, зниження продуктивності за кормовою базою та іхтіофауною.

Висновки

1. За існуючої методологічної бази варто узгодити показники певних концентрацій домішок, що формують токсичність водного середовища.
2. Важливо доопрацювати методології екологічної оцінки якості води з врахуванням комплексного впливу домішок і самоочисної здатності водного середовища та впливу мінералізації на токсичність домішок.

Література

1. Методика встановлення та використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін., Київ: 2001. 48 с.
2. Досвід використання «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (пояснення, застереження, приклади) / А. В. Яцик, В. М. Жулинський, А. П. Чернявська, І. С. Єзловецька. Київ : Оріони, 2006. 60 с.
3. Гриб Й. В. О периодичности характеристик в периодической классификации качества поверхностных вод. Гидробиологический журнал. 1993. № 3. Том 26. С. 38–43.
4. Гриб Й. В., Сіренко Л. Я. Екологічна оцінка сучасного стану поверхневих вод України (методичні аспекти). Український географічний журнал. 1996. № 3. С. 3–11.

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE TOXICITY OF SURFACE WATERS

Yosyp HRYB

National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8158-2342>

Serhii KOVALCHUK

Rivne Technical Vocational College NUWM, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0006-2546-8349>

Andrii KALKO

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne Technical Vocational College NUWM, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4526-5929>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303421>

Keywords: *toxicity, surface waters, impurities, concentration, mineralization, self-purification.*

Abstract

The work proposes as one of the options for solving the problems of determining the toxicity of surface waters through the use of indicators of the number of impurities and the amount of mineralization (the solubility product of salts).



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304151>

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE ROTATIONAL MODE OF THE PROCESS OF GRINDING SOLID WASTE IN A DRUM MILL

Kateryna DEINEKA¹, Ihor DEINEKA²

¹The National University of Water and Environmental Engineering

Soborna St., 11, 33028, Rivne, Ukraine

²Rivne regional trade union organization of employees of state institutions

Miru Ave., 7A, 33028, Rivne, Ukraine

e-mail: k.yu.deineka@nuwm.edu.ua

Abstract

A mathematical model of the grinding mechanism by breaking under shock load in a drum mill, which is implemented mainly when grinding solid waste, was built. The method of numerical modeling based on experimental visualization through a transparent wall of the behavior of granular loading in the cross section of a rotating chamber is applied. The initial characteristic of the shock is the averaged vertical component of the speed of loading movement in the flight zone at the boundary of contact with the shear layer. The formalization of the model revealed the impact on the energy intensity of the process of the mass fraction of the flight zone, loading reversibility and rotation speed. A rational condition for impact grinding at a relative speed of rotation $\psi_{\omega}=0.75-0.9$ has been established.

Keywords: *solid waste, drum mill, intrachamber loading, impact action, energy consumption of grinding.*

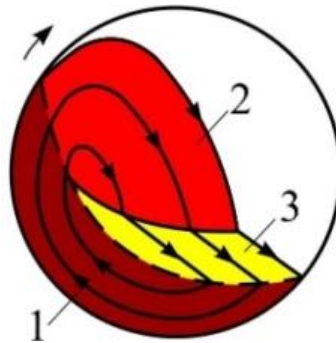
Fine grinding of solid waste is carried out in various disintegrators. The optimal type of shredder device is a drum mill [1]. It has a low specific grinding work of 151 kWh/t, compared to 3490 kWh/t for the planetary and 1110 kWh/t for the vibratory mill. At the same time, the drum mill provides a relatively high specific product surface of 11,300 cm²/g. In the case of grinding industrial volumes of solid waste, such a mill has a much higher productivity.

However, grinding is a high-energy-intensive process due to significant frictional energy dissipation during the circulation of the intra-chamber load. Reducing the energy intensity of the working processes of drum mills remains a rather urgent problem [2].

A significant proportion of drum mills carry out high-performance coarse grinding by breaking due to the mainly impact action of internal mill grinding loading. Instead, the quantitative results of impact impact on the energy intensity of the grinding process are still unknown, which significantly limits the functionality of such equipment.

The aim of the work is to create a mathematical model of the impact action of grinding bodies of intra-chamber loading on particles of the material that is crushed in a drum mill. This will make it possible to establish the dynamic characteristics of the impact action of the grinding load and predict the parameters of the grinding process by implementing the impact interaction mechanism.

The loading of the drum mill carries out circulation movement in the cross-section of the chamber mainly in the three-phase flow mode [3] (picture 1).



Picture 1. Movement zones of the drum mill chamber loading:
 1 – solid zone, 2 – flight zone, 3 – shear layer zone

At low rotation speed, the mass fraction of solid zone 1 prevails. As the speed increases, the fractions of flight zones 2 and shear layer 3 increase at the expense of solid zone 1. As the speed approaches the critical value, the fraction of flight zone 2 reaches its maximum value, and the fraction of shear layer zone 3 goes straight to zero. At a high speed of rotation, a mode of motion occurs in the form of a wall layer consisting only of solid zone 1.

The duration of the shock interaction is very short. Since the shock impulse has a finite value, the force modulus of the grinding body can be quite large, which ensures the implementation of the grinding process by shock action. Impact interaction of loading elements can be considered completely inelastic. On the considered contact surface, which is the transition of loading movement zones, the influence of non-impact interaction forces on the grinding process can be neglected.

The dynamic impact effect of molar loading can be estimated by the impulse, work and power of the impact forces. Impulse characterizes the intensity of impact interaction, and work - the energy of crushing by impact action. The technological effect of the impact action is determined by the energy intensity of the impact crushing process, the value of which can be estimated by the power of the impact force.

Specific and absolute relative analogues of the dynamic parameters of impact interaction were used for the approximate implementation of such an assessment. The initial data for the determination of such parameters were obtained in a simplified way by means of visualization of loading movement patterns.

An approximate mathematical model of the impact grinding mechanism in a drum mill is built on the basis of data visualization. The power of impact forces was taken as an analogue of the energy intensity of grinding. The expression for the relative energy intensity of impact crushing E , which corresponds to the relative power of the vertical component forces of the impact interaction:

$$E = \frac{h_{fr}}{8\pi R} K_{fr} n_{to} \Psi_{\omega},$$

h_{fr} is the vertical distance from the highest to the lowest point on the free surface of the loading flight area in the movement pattern,

R is the radius of the mill drum chamber,

$K_{fr} = 1 - (F_{sr} + F_{sl}/v_{sl}) / (\pi R^2 \kappa)$ is mass fraction of the loading flight area,

F_{sr} is the area of the solid zone in the picture of loading movement,

F_{sl} is the area of the shear layer zone in the picture of loading movement,

v_{sl} is the dilatancy of the shear layer,

$\kappa = w / (\pi R^2 L)$ is the volume degree of filling the chamber with loading,

w is the volume of the loading portion of the camera at rest,

l is the length of the drum chamber,

$n_{to}=[1-(R_c/R)^2]/\kappa$ is the reversibility of the load movement, which corresponds to the number of periods of circulation of the load in the chamber during one revolution of the drum,

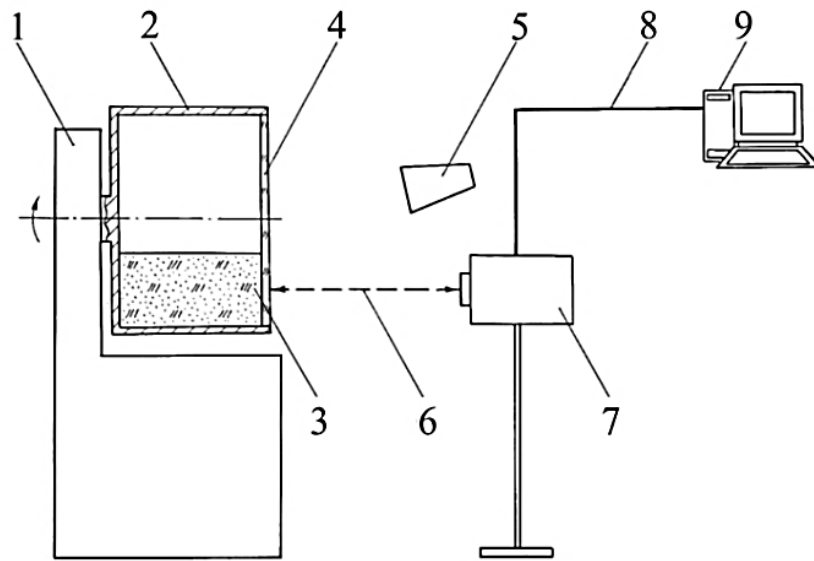
R_c is the radial coordinate of the load circulation center relative to the axis of rotation in the movement pattern,

$\psi_\omega=\omega/(g/R)^{0.5}$ is the relative speed of rotation of the drum chamber,

ω is the angular speed of rotation of the drum,

g is the gravitational acceleration.

The values of h_{fr} , F_{sr} , F_{sl} , v_{sl} and R_c were approximately determined by the method of computer numerical modeling based on experimental visualization of the loading behavior in the chamber of a rotating drum by fixing through a transparent end wall and subsequent computer processing of movement patterns in the cross section of the chamber (picture 2).



Picture 2. Computer visualization of data:

- 1 – unit of drive and measuring devices, 2 – drum with removable chamber,
3 – granular loading, 4 – transparent end wall of the chamber, 5 – illuminator,
6 – videorecording of pictures of loading motion, 7 – video camera,
8 – information transmission channel, 9 – a computer for visualizing pictures of loading motion

The algorithm for implementing data visualization consists in the following stages:

- 1) filling the chamber of the loading drum with the degree of filling κ ;
- 2) achievement of a stable mode of movement of the load during stationary rotation of the drum with the value of the relative speed ψ_ω ;
- 3) performing video recording of the loading movement in the cross-section of the rotating chamber, which has a transparent end wall;
- 4) obtaining a picture of the loading movement;
- 5) selection of flat geometric shapes on the picture corresponding to the zones of movement - solid, flight and shear layer;
- 6) measurements on the picture R , h_{fr} , R_c , F_{sr} , F_{sl} ;
- 7) calculation of the values of loading interaction parameters.

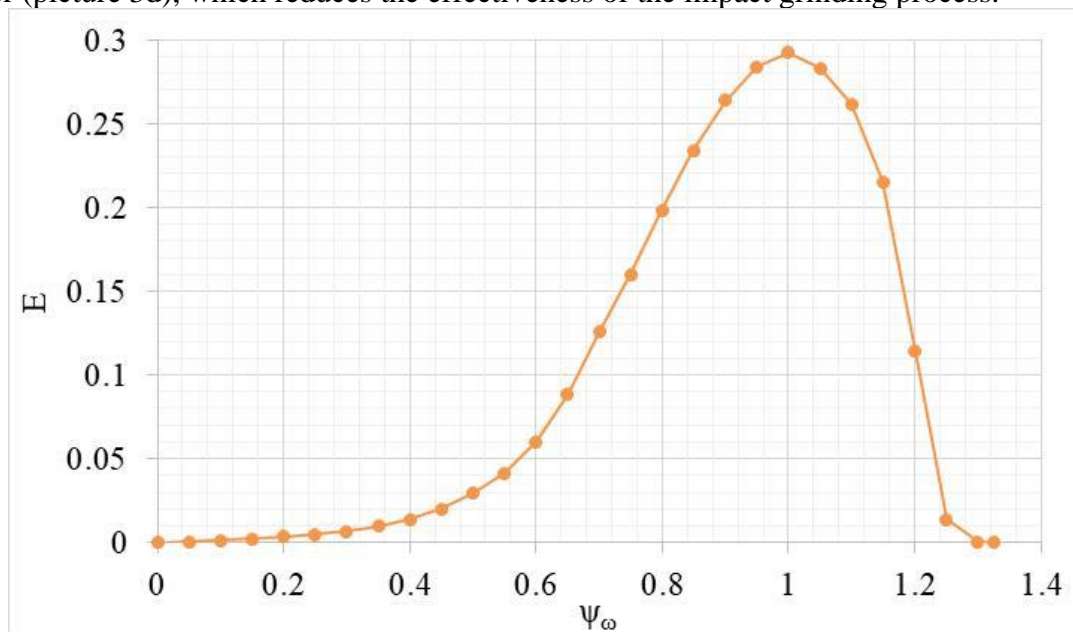
Separate obtained pictures of the steady motion of loading in the chamber of a stationary rotating drum with the relative size of particles $\psi_d=0.0104$ and the degree of filling of the chamber $\kappa=0.45$ are shown in Fig. 3.



Picture 3. Visualized data of individual loading motion pictures:
a – $\psi_\omega=0.1$; b – $\psi_\omega=0.3$; c – $\psi_\omega=0.5$; d – $\psi_\omega=0.7$; e – $\psi_\omega=0.9$

The graph of the obtained change in the analogue of the relative impact crushing energy E from ψ_ω is shown in picture 4.

It was established that the energy of grinding by impact acquires half or more of the maximum values at the value of the relative speed ψ_ω from 0.75–0.8 to 1.2. Instead, it was found that when $\psi_\omega > 0.9$, the loading flight zone makes unproductive contact with the cylindrical surface of the chamber (picture 3d), which reduces the effectiveness of the impact grinding process.



Picture 4. Experimental dependence of the change in E on ψ_ω .

It was established that the energy of grinding by impact acquires half or more of the maximum values at the value of the relative speed ψ_ω from 0.75–0.8 to 1.2. Instead, it was found that when $\psi_\omega > 0.9$, the loading flight zone makes unproductive contact with the cylindrical surface of the chamber (picture 3d), which reduces the effectiveness of the impact grinding process.

The test proved the effectiveness of using computer visualization of data to evaluate dynamic and technological analogues of the impact interaction of the elements of the internal chamber loading of the drum mill. Verification of modeling results is implemented by comparison with numerical data of technical standards [4,5].

Therefore, the factor of impact loading of the drum mill is the averaged value of the vertical component of the speed of the flight zone before the interaction. The speed and mass fraction of the flight zone, the reversibility of the charge circulation in the chamber and its rotation speed are the determining parameters of the influence on the energy intensity of crushing by impact action. The rational range of the relative speed of rotation when crushing in a mill with an impact is 0.75–0.9.

References

1. Ildikó, F.; Mucsi, G. Comparative investigation of glass waste grinding in various mills. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* **2022**, 37(3), 33–41. <https://doi.org/10.17794/rgn.2022.3.3>
2. Góralczyk, M.; Krot, P.; Zimroz, R.; Ogonowski, S. Increasing energy efficiency and productivity of the comminution process in tumbling mills by indirect measurements of internal dynamics – an overview. *Energies* **2020**, 13, 24, 6735. <https://doi.org/10.3390/en13246735>
3. Naumenko Yu.V.; Deineka K.Yu. Theoretical foundations of working processes of drum type machines: a monograph. Rivne: NUWEE, **2014** [in Ukrainian].
4. International Organization for Standardization. Coal preparation plant – Principles and conventions for flowsheets (*ISO/IEC Standard No. 924:1989*). **2021**. <https://www.iso.org/ru/standard/5340.htm>
5. Deutsches Institut für Normung. Maschinen für die mechanische Aufbereitung von Mineralien und ähnlichen festen Stoffen – Sicherheit – Teil 3: Spezifische Anforderungen für Brecher und Mühlen (*DIN EN Standard No. 1009–3:2020*). **2021**. <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nam/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:316006092>.

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМУ ОБЕРТАННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У БАРАБАННОМУ МЛІНІ

Катерина ДЕЙНЕКА

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7376-6734>

Ігор ДЕЙНЕКА

Рівненська обласна профспілкова організація працівників державних установ, Україна
<https://orcid.org/0009-0005-5785-1433>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304151>

Ключові слова: тверді відходи, барабанний млин, внутрішньокамерне завантаження, ударна дія, енерговитрати подрібнення.

Анотація

Побудовано математичну модель механізму подрібнення розбиванням при ударному навантаженні в барабанному мліні, який реалізується переважно при помелі твердих відходів. Застосовано метод чисельного моделювання, заснований на експериментальній візуалізації через прозору стінку поведінки зернистого навантаження в поперечному перерізі обертової камери. Вихідною характеристикою удару є усереднена вертикальна складова швидкості руху навантаження в зоні польоту на межі контакту з шаром зсуву. Формалізація моделі виявила вплив на енергоемність процесу масової частки зони польоту, оборотності навантаження та швидкості обертання. Встановлено раціональний режим ударного шліфування при відносній швидкості обертання $\psi\omega=0,75-0,9$.



МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛОНІВ ДЛЯ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК

Андрій ДМИТРУК, Андрій СТЕПАНЮК

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

просп. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: arstepaniuk@gmail.com

Анотація

Розглянуто фізичну модель, для більш ефективної роботи обрано два циклони ЦН-11 та СК-ЦН-33, які будуть розміщені послідовно та здійснюватимуть двоступеневе очищення від твердих часток. Розраховано значення ефективності циклону для твердих частинок і водяної пари. Моделі створені в середовищі SolidWorks. Проведено імітаційне дослідження роботи даних циклонів.

Ключові слова: циклон, моделювання, експеримент, імітація.

У сучасних процесах виробництва орґано-мінеральних добрив генерується значна кількість (до 10%) твердих викидів, які містять також і пару води. Для вловлювання таких викидів, що складаються з водорозчинних та неводорозчинних твердих компонентів та водяної пари пропонується використовувати циклонні апарати [1]. Існуюча схема вловлювання містить циклонний апарат та скруббер [2, 3]. Вони забезпечують якісний процес вловлювання викидів, але, в свою чергу, скруббер генерує значну кількість водяних розчинів з малою концентрацією компонентів добрив з суспендованими в ньому нерозчинними компонентами. Їх надалі необхідно, очищувати. Це призводить до значного росту ціни на виробництво орґано-мінеральних добрив. Пропонується змінити скруббер введенням стадії охолодження та конденсації водних парів з їх наступним вловлюванням в циклонному апараті. Розглянемо фізичну модель для процесу очищення твердих частинок, зображено на рисунку 1.

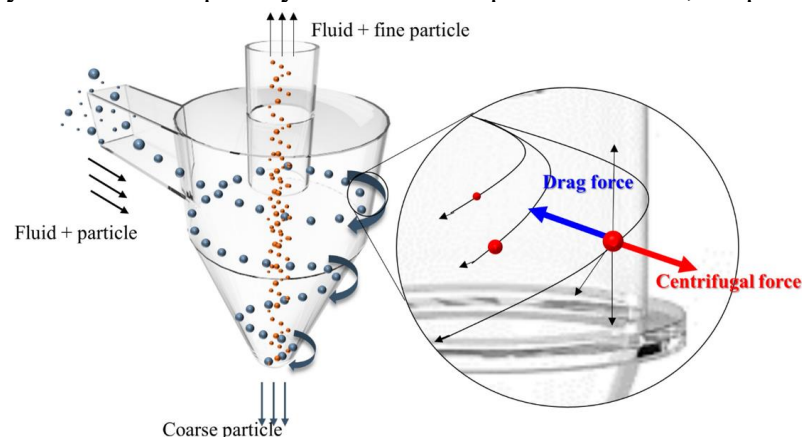


Рис. 1. – Фізична модель

У циклон на вході подається газовий потік який на має тверді включення. Проведено симуляційний експеримент очищення газового потоку в програмі SolidWorks, результати якого зображено на рисунку 2.

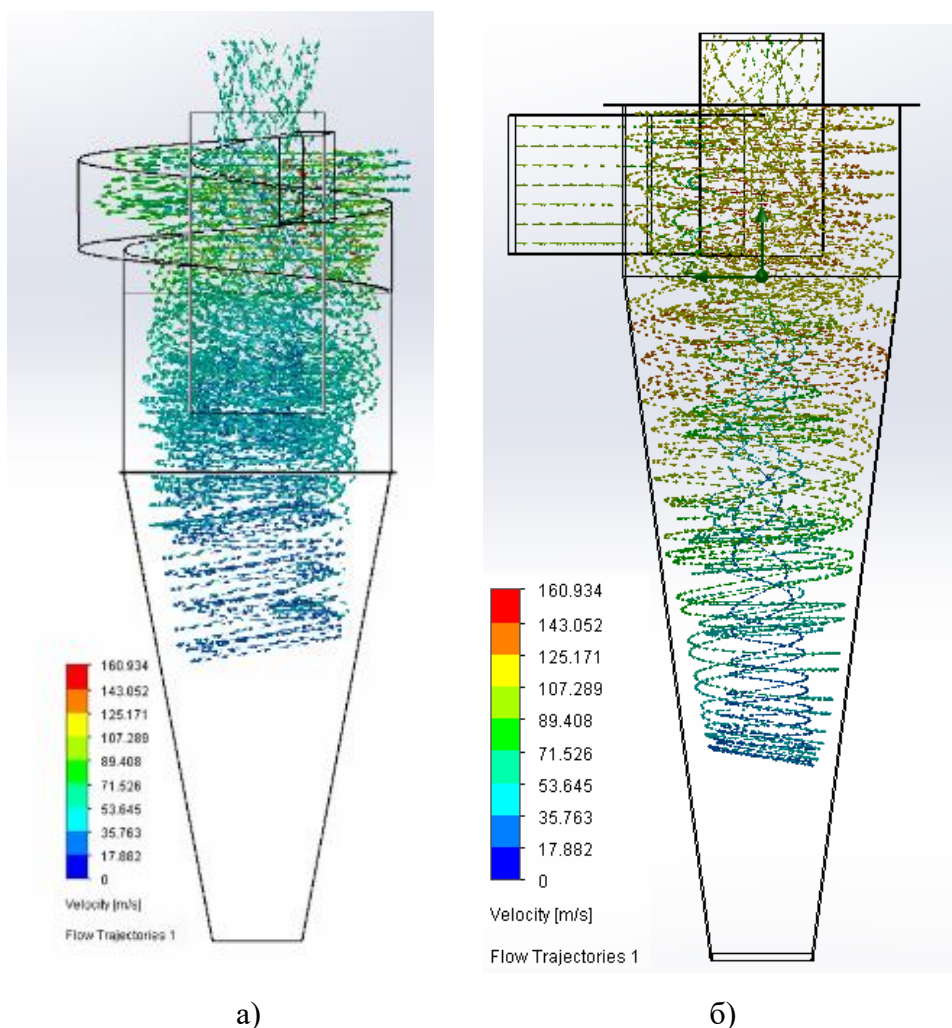


Рис. 2. Моделювання газового потоку в циклоні ЦН-11 (а) та СК-ЦН-33 (б)

З рисунку 2 можна зробити висновок, що швидкість в циклоні ЦН-11 менша ніж в СК-ЦН-33, отже ефективність вловлювання в СК-ЦН-33 більша, оскільки там більша швидкість. Тобто встановлення двох циклонів дозволить підвищити ефективність їх роботи.

Висновки: встановлення двох циклонів дозволить підвищити ефективність процесу вловлювання високодисперсних твердих частинок у полі відцентрових сил.

Література

1. Дмитрук А.В., Степанюк А.Р. Модернізація апарату для вловлювання двофазних включень. Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates: *Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference*, Dnipro, Ukraine, p. 190-192

2. Дмитрук А.В., Степанюк А.Р. Обґрунтування модернізації циклону для вловлювання полідисперсних трердих включень та парів води. *Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство»* – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. — 265 с. С. 110-115

3. Дмитрук А.В., Степанюк А.Р. Review of scientific works on the capture of highly dispersed particles and water vapor. *Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"*. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 216 с. С. 36-39.

SIMULATION OF THE PROCESS OF CAPTURE OF HIGHLY DISPERSED PARTICLES

Andriy DMYTRUK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

Andrii STEPANIUK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.301624>

Keywords: *cyclone, simulation, experiment.*

Abstract

The physical model was considered, for more efficient work two cyclones ЦН-11 and SK-ЦН-33 were chosen, which will be placed in series and perform two-stage cleaning of solid particles. The value of cyclone efficiency for solid particles and water vapor is calculated. Models were created in the SolidWorks environment. A simulation study of the operation of the given cyclones was carried out.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304841>

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ МОТОРНОГО ПАЛИВА ІЗ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Олена ІВАНЕНКО¹, Андрій ТРИПОЛЬСЬКИЙ², Данило ФАТЄСВ¹

¹Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, м. Київ, 03056, Україна

²Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,

проспект Науки, 31, м. Київ, 03028, Україна

Email: danchikqwe@ukr.net

Анотація

В роботі розглядаються можливості удосконалення процесу одержання моторного палива із вуглецевмісних відходів, розглядаються основні типи сировини, стадії, основні стадії процесу BTL, обґрунтовується доцільність використання біогазової установки та бі-реформінгу для отримання синтез-газу. В процесі одержання синтез-газу аналізуються основні вихідні параметри конверсії метану, що впливають співвідношення вуглецю до водню у вихідному продукті. Описуються основні теоретичні аспекти процесу анаеробного бродіння та синтезу Фішера-Тропша. Проводиться аналіз продуктів реакції Фішера-Тропша та подальше поводження із побічними продуктами.

Ключові слова: біомаса, біопаливо, анаеробне бродіння, газифікація, бі-реформінг, біогазова установка, метаногенез, гідроізомеризація.

З огляду на сучасні екологічні виклики та необхідність зменшення залежності від викопних видів палива, розробка технологій отримання моторного палива з органічних відходів набуває особливої важливості для укріплення паливно-енергетичного комплексу України, що впливає на її загальний економічний стан. Розроблення альтернативних шляхів одержання моторних палив є визначальним вектором розвитку енергетики, оскільки традиційні джерела енергії, на яких побудована сучасна промисловість, є вичерпними та здійснюють шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Мета роботи – вдосконалення технології одержання моторного палива з органічних відходів шляхом використання біогазової установки. Це передбачає оптимізацію процесів збору, обробки та переробки органічних відходів, а також підвищення ефективності та економічної доцільності виробництва біогазу.

Наукова новизна цього дослідження полягає у розробці та впровадженні інноваційних підходів до технології переробки органічних відходів у моторне паливо. Це включає використання залізно-вмісного каталізатору, що підвищує вихід та якість моторного палива, також вдосконалення процесів анаеробного зброджування. Дослідження також охоплює оптимізацію параметрів паро-вуглецевої конверсії та процесу Фішера-Тропша для підвищення ефективності виробництва та мінімізації енергетичних затрат.

В залежності від типу сировини існує чотири покоління біопалив [1].

Перше покоління біопалива синтезується за використання традиційних технологічних процесів, що використовують харчові рослинні відходи - кукурудзу, пшениця, крохмаль та цукор, а також тваринні жири.

Сировиною для другого покоління біопалив виступають не продовольчі сільськогосподарські та лісові відходи, до яких відносять лушпиння, листя дерев, залишки рослинної сировини, деревне коріння та інші. В даній сировині присутній значний вміст лігноцелюлози.

Для третього покоління біопалив як відновлювальну сировину використовують морські водорості, в складі яких присутні олії, які подібні за властивостями до нафти, але не містять лігніну та целюлози. В результаті фотосинтезу водорості утворюють значну біомасу.

Четверте покоління біопалива використовує генну інженерію для отримання біопалива за допомогою мікроорганізмів, які під час визначених циклів фотосинтезу утворюють фото-біологічне сонячне біопаливо [2].

Що стосується технології, широкого поширення в нафтохімії набув процес Фішера-Тропша, що використовують для отримання синтетичного бензину із бурого вугілля (CTL), біомаси (BTL), природного газу (GTL). Для перероблення органічних відходів в синтез-газ ($H_2:CO$) використовуються такі методи як газифікація або піроліз, анаеробне бродіння, ферментація, екстракція та спалювання [3].

При механічній екстракції отримують біодизель із енергетичних рослинних культур, наприклад ріпак, льон, соя, арахіс, в результаті процесу переестерифікації метилового спирту із рослинними маслами. Газифікація біомаси відбувається при температурі 800–1000 °C та полягає у перетворенні органічних лігніно-целюлозних залишків у синтез газ (суміш H_2 та CO), метан CH_4 , вуглекислий газ, азот, золу та домішки. Гідротермальне зрідження біомаси відбувається при температурі 280-370 °C та тиску 4-22 МПа, вода змінює свою густину, діелектричну проникність, полярність, що сприяє підвищенню розчинності в ній органічних сполук. Це в свою чергу призводить до перетворення біосировини у синтетичне паливо [4].

Модернізований процес BTL відбувається за наступними стадіями: подрібнення, сушіння, попереднє очищення біомаси, анаеробне бродіння для утворення біометану, парова конверсія біометану до синтез газу із паралельним очищенням та збагаченням, процес Фішера-Тропша, гідрокрекінг для перетворення парафінів у рідкі вуглеводні. Принципову схему процесу перетворення біомаси у синтетичний бензин наведено на рисунку 1.

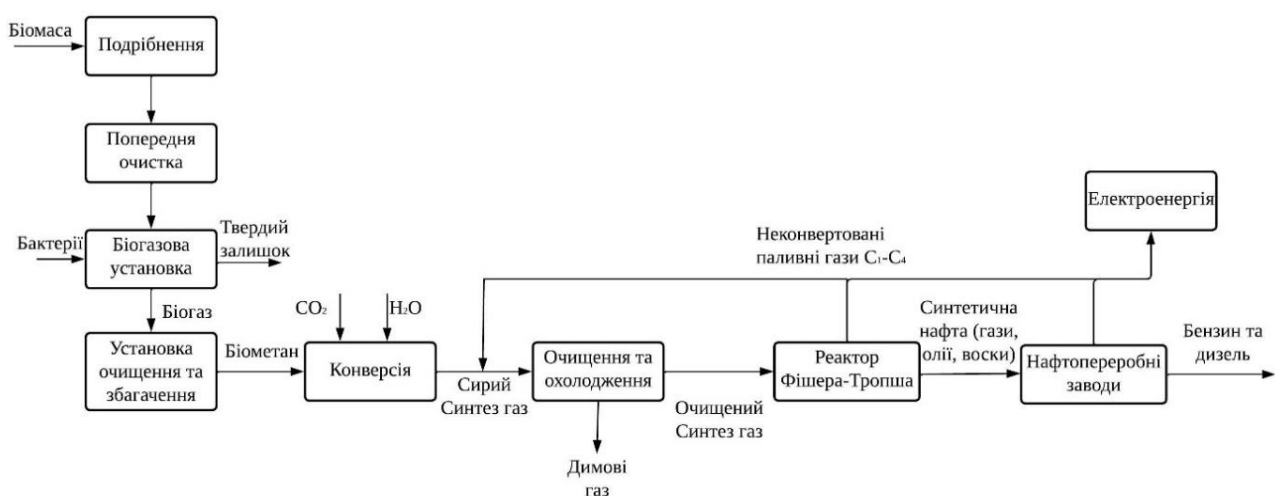


Рис.1. Блок-схема отримання моторного палива за технологією BTL

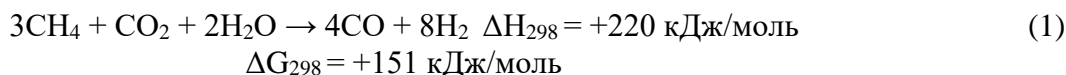
В традиційній технологічній схемі для отримання синтез-газу використовується газифікатор, але використання цього апарату має суттєві недоліки, зокрема невизначений вміст карбону у біомасі, що є результатом її різноманітного хімічного складу. На сьогодні існує можливість уникнути даного недоліку, шляхом використання біогазової установки, яка дозволяє використовувати біомасу різного хімічного складу без суттєвого впливу на результат. Суттєвим недоліком анаеробного бродіння є тривалість отримання біогазу, що становить приблизно 2 місяці, що пов'язано із циклом росту мікроорганізмів, тому виробництво біометану має бути циклічним. Це реалізується в результаті анаеробного бродіння відходів біомаси у біогаз, що містить 60 % метану та 40 % вуглекислого газу та домішки наприклад сірководень. Необхідною умовою є анаеробне середовище та наявність гідролітичних, ацетогенних, ацидогенних та метаногенних бактерій.

Для забезпечення високого виходу біогазу після біогазової установки, передбачають попередню обробку біомаси для зменшення розмірів та видаленням з неї домішок. Під час попередньої обробки біомаси застосовують механічні, термічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи [5].

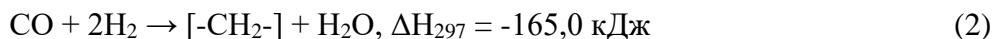
При механічній обробці біомаси здійснюють подрібнення та розмелювання біомаси, для збільшення її активної площі поверхні, об'ємної щільності, властивостей потоку. Подрібнення біомаси здійснюють за допомогою кульових, стрижневих, відцентрових, молоткових млинів, екструдерів та іншого обладнання. До фізико-хімічного очищення належить метод парового вибуху та мікрохвильове опромінення. Гідротермальний вибух парою здійснюється при температурі 160-250 °С та тиску 5-50 атм. Процес хімічної обробки біомаси полягає у використанні кислот, лугів, органічних сольвентів, поверхнево-активних речовин для руйнування кристалічної структури та збільшення ефективної площі поверхні біомаси, але такий метод утворює вторинні залишки, що потребують відновлення. При кислому очищенні біомаси використовують H_2SO_4 , H_2O_2 , HCl , HNO_3 та інші кислоти. При лужному очищенні застосовується $NaOH$, Na_2CO_3 , вапно, аміак для руйнування зв'язку лігніну та вуглеводнів, а при органо-сольвентному – суміш етанолу та сульфатної кислоти [6].

Анаеробне бродіння містить чотири основні стадії - гідроліз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез, який проводиться у безкисневому середовищі та в присутності мікроорганізмів. На стадії гідролізу гідролітичні бактерії, які виділяють ферменти, розчиняють комплексні біополімери – білки, жири, вуглеводи на більш прості вуглеводи – амінокислоти, моно- та олігомери, жирні кислоти, піридини, що доступні мікроорганізмам. На другій стадії за допомогою кислото-утворюючих бактерій відбувається розщеплення продуктів гідролізу із утворенням мурашиної, оцтової, масляної, пропіонової кислоти, низькомолекулярних спиртів та побічних продуктів, переважно газів – водень, сірководень, аміак та інші. На третій стадії летючі жирні кислоти та спирти розкладаються за допомогою ацидогенних мікроорганізмів на водень оцтову кислоту та ацетати. Стадія метаногенезу передбачає перетворення суміші, H_2 , форміатів та ацетатів в метан, вуглекислий газ та домішки в автоклавних умовах. Також після біогазових установок утворюється твердий залишок, який можна використовувати як органічне добриво [7].

Після анаеробного бродіння утворений біогаз очищають від домішок сірчаної кислоти, вуглекислого газу, аміаку, після чого подають на установки, що забезпечують поєднання вуглекислотної та парової конверсії, що має назву бі-реформінг [8]. В результаті конверсії біометану утворюється синтез-газ, що має співвідношення H_2/CO відповідно 2/1. Цей процес здійснюється за температури 800-900 °С на нікелевому, рутенієвому каталізаторі, при тиску 2-4 МПа за реакцією:



Даний процес є досить ефективним, оскільки біогаз містить значну кількість вуглекислого газу, який також можна перетворюється у синтез-газ, запобігаючи окисленню каталізатору у процесі Фішера-Тропша. Синтез газ використовуються отримання моторних палив за реакцією Фішера-Тропша, що має такий загальний вигляд:



Для гідрування монооксиду вуглецю із відходів біомаси доцільно використовувати залізовмісні каталізатори при температурі 250-350 °С та тиску 2-4 МПа, оскільки вони мають високий вихід олефінів (від 80 до 90 %) та економічну доцільність. В результаті реакції утворюються такі вуглеводні як бензин C₅-C₁₁, дизель C₁₁-C₁₄ керосин, C₁₀-C₁₄, мастила C₁₈-C₃₀ та воски C₃₀ і більше. Також як побічні продукти утворюються нижчі алкани від метану до бутану, які можуть використовуватися для генерації енергії або для конверсії у синтез-газ [9].

На останньому етапі суміш рідкої нафти, дистилату та воску очищають і подають на нафтопереробні заводи, для отримання дизельного або бензинового палива. Даний процес реалізується за допомогою процесів гідроізомеризації, гідрокрекінгу восків для досягнення необхідного октанового числа.

Отже для отримання якісного дизельного та бензинового палива із органічних відходів із сталим якісним складом доцільно використовувати біогазові установки. В цих установка в результаті анаеробного бродіння буде утворюватися метан, який можна за допомогою паро-вуглецевої конверсії переводити у синтез-газ, що використовується для синтезу моторного палива за реакцією Фішера-Тропша. Подальші перспективи в даній галузі полягають у встановленні оптимальних параметрів процесу на всіх стадіях виробництва, проектування технологічної схеми, промислове розроблення нових каталізаторів та доведення економічної доцільності проекту. Це пов'язано с тим, що використання біогазової установки та бі-реформінгу підвищує вартість виробництва синтетичного бензину, однак дана технологія дозволяє комплексно використовувати відходи сільського господарства, харчової промисловості, рослинні відходи та осади стічних вод.

Література

1. Kour D. Technologies for Biofuel Production: Current Development, Challenges, and Future Prospects / D. Kour, K. L. Rana, N. Yadav // *Biofuel and Biorefinery Technologies*. – Cham, 2019. – p. 1–50. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14463-0_1.
2. Malode S.J. Recent Advances and Viability in Biofuel Production / S. J. Malode, K.K. Pradhu, R. J. Mascarenhas, N. P. Shetty, T.M. Aminabhavi // *Energy Conversion and Management: X*. – 2021. – №10. – P. 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100070>.
3. Martinelli M. An overview of Fischer–Tropsch Synthesis: XtL processes, catalysts and reactors / M. Martinelli, M. K. Gnanamani, S. LeViness, G. Jacobs, W.D. Shafer, // *Appl. Catal. A, Gen.* – 2020. – № 608. – P. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2020.117740>.
4. Adams P. Biomass Conversion Technologies / P. Adams, T. Bridgwater, A. Lea-Langton, A. Ross and I. Watson // *Greenhouse Gas Balances of Bioenergy Systems*, Academic Press. – Cambridge. – 2018. – P. 107-139. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101036-5.00008-2>.
5. Kainthola J. A review on enhanced biogas production from anaerobic digestion of lignocellulosic biomass by different enhancement techniques / J. Kainthola, A.S. Kalamdhad, V. V.

Goud // Process Biochemistry. – 2019. – №84. – P. 81-90.
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.023>.

6. Amin F. R. Pretreatment methods of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion / F. R. Amin, H. Khalid, H. Zhang, S. Rahman, R. Zhang, G. Liu, C. Chen // AMB Express. – 2017. – №7. – P. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0375-4>.

7. Kasinath A. Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion / A. Kasinath, S. Fudala-Ksiazek, M. Szopinska, H. Bylinski, W. Artichowicz, A. Remiszewska-Skwarek, and A. Luczkiewicz // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2021. – № 150. – P. 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111509>.

8. Kumar N. Catalytic bi-reforming of methane: from greenhouse gases to syngas / N. Kumar, M. Shojaee and J. Spivey // Current Opinion in Chemical Engineering. – 2015. – № 9. – P. 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2015.07.003>.

9. Teimouri Z. Kinetics and Selectivity Study of Fischer Tropsch Synthesis to C₅+ Hydrocarbons / Z. Teimouri, N. Abatzoglou, A. K. Dalai // A Review. Catalysts. – 2021. – №11, (3). – P. 1–33. <https://doi.org/10.3390/catal11030330>.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING MOTOR FUEL FROM ORGANIC WASTE

Olena IVANENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6838-5400>

Andriy TRIPOLSKY

Pisarzhevskii Institute of physical chemistry of NAS of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-1682-0241>

Danylo FATEEV

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0007-1336-307X>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304841>

Keywords: *biomass, biofuel, anaerobic digestion, gasification, bi-reforming, biogas plant, methanogenesis, hydroisomerization.*

Abstract

The paper discusses the possibilities of improving the process of obtaining motor fuel from carbon-containing waste, examines the main types of raw materials, stages, and key stages of the BTL process, and justifies the feasibility of using a biogas plant and bi-reforming for producing synthesis gas. In the process of obtaining synthesis gas, the main initial parameters of methane conversion that affect the carbon-to-hydrogen ratio in the output product are analyzed. The main theoretical aspects of the anaerobic digestion process and Fischer-Tropsch synthesis are described. The analysis of Fischer-Tropsch reaction products and the further handling of by-products is conducted.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305210>

ОСОБЛИВОСТІ ВУГІЛЬНИХ КАРТРИДЖІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ПЕРЕРОБКИ

Маргарита КАРПЕНКО Вячеслав РАДОВЕНЧИК

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, м. Київ 03056, Україна

e-mail: history1991@ukr.net

Анотація

Попередня обробка води перед зворотноосмотичними мембранами застосовується для запобігання забруднення та біообростання вартісної мембрани. Тому попередня фільтрація біологічним активованим вугіллям ефективно знижує концентрацію потенційних забруднень. Однак ця попередня обробка часто не здатна повністю видалити органіку, тобто розчинні позаклітинні полімерні речовини і гуміноподібні речовини. Найкраще з такими забрудненнями працюють вугільні картриджі у системах зворотного осмосу. Проте ці картриджі потрібно замінювати кожні 3-6 місяців, що призводить до накопичення значної кількості відходів в процесі користування побутовими установками зворотного осмосу. Зворотна механічна промивка не дає ефект повної регенерації, а хімічні методи не дозволяють анулювати результати адсорбції і зробити гранули активованого вугілля придатним до повторного використання. Тому дієвим способи переробки даних картриджів, в зв'язку з неможливістю їх регенерації, є розробка розбірних моделей з можливістю використовувати вугільну засипку в якості паливних брикетів.

Ключові слова: очищення води, зворотній осмос, вугільні картриджі, забруднювачі, активоване вугілля, паливні брикети.

Вступ. За даними ООН і ВООЗ, близько п'ятої частини населення світу проживає в регіонах з дефіцитом води. Проблема нестачі води спричинена не лише зростаючим попитом на воду в результаті швидкого зростання населення. У багатьох випадках дефіцит води пов'язаний з відсутністю чистої води через її значне забруднення і неможливістю станцій водопідготовки подавати якісну питну воду в системи централізованого водопостачання населення. Крім «класичних» забруднювачів, в останні роки зростає увага до нових груп органічних мікрозабруднювачів, таких як фармацевтичні залишки, ПАР, мікропластик, тощо. Вважається, що поява цих нових забруднювачів становить серйозну небезпеку для здоров'я людини та навколишнього середовища. Певні речовини можуть утримуватися в очищеній воді, а в деяких випадках розпадатися на більш шкідливі метаболіти, які необхідно видалити. Тому використання побутових установок зворотного осмосу дозволяє видалити до 99% забруднювачів водопровідної води і зробити її повністю безпечною та придатною до споживання людиною.

Попередня обробка води перед зворотноосмотичними мембранами застосовується для запобігання забруднення та біообростання вартісної мембрани. Тому попередня фільтрація біологічним активованим вугіллям ефективно знижує концентрацію потенційних забруднень. Однак ця попередня обробка часто не здатна повністю видалити органіку, тобто розчинні

позаклітинні полімерні речовини і гуміноподібні речовини. У системах централізованого водопостачання така органіка іноді перевищує нормативи, особливо влітку в невеликих містах на півдні України.

Окрім сезонності, для басейну основної водної артерії України, р. Дніпро характерні регіональні аспекти формування якості води, яка використовується для подальшого водопостачання населення. Води у верхній течії Дніпра характеризуються високим вмістом природних гумінових і фульвокислотних сполук, сполук заліза і марганцю. Показником вмісту цих сполук є колір води. З цього приводу найбільше природного (біогенного) забруднення серед усіх водосховищ Дніпровського каскаду спостерігався саме в Київському водосховищі, яке показано нижче (рис. 1), сформованому на основі Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році [1].

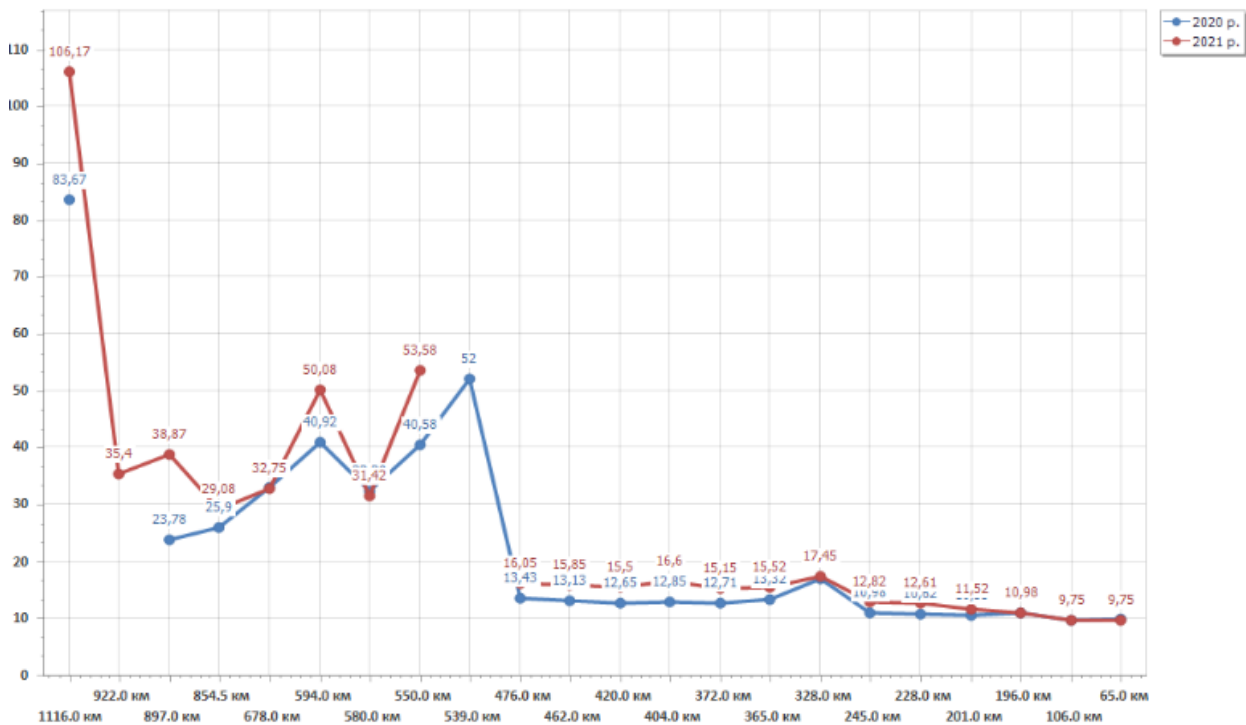


Рис. 1. Динаміка зміни середньорічних значень кольоровості по руслу Дніпра в 2020-2021 роках

Найкраще з такими забрудненнями працюють вугільні картриджі у системах зворотного осмосу. Якщо раніше ми досліджували регенерацію механічних поліпропіленових картриджів, то для вугільних, як виявилось, провести повну регенерацію не можливо. Активоване вугілля отримують з органічних вуглецевих матеріалів, а саме: деревного вугілля, кам'яновугільного коксу чи вугілля з кокосових горіхів. Домішки які містяться у воді (хлор, кисень, фтор та ін.) проходять через поверхню фільтра під тиском води, вступають у реакцію з вугіллям, в наслідок чого відбувається абсорбція [2, 3]. За рахунок зворотної промивки можливо вилучити лише деякі неорганічні забруднювачі, а органіка, проникаючи в гранули вуглецю і адсорбується ним. Окрім передмембранних вугільних картриджів у багатьох розробках побутових систем зворотного осмосу використовують і післямембранні, так звані вугільні постфільтри. Основні їх функції [4]:

- регулювання рівня рН: мембрана зворотного осмосу може знижувати рівень рН води після очищення, особливо при видаленні мінеральних солей. Вугільний постфільтр використовується для нейтралізації кислотності та підвищення рівня лужності води, забезпечуючи більш збалансований рН для споживання.

- видалення хлору та хлороподібних речовин : вугільний постфільтр ефективно видаляє залишковий хлор та хлороподібні речовини, які можуть бути присутніми у воді після проходження через основну мембрану зворотного осмосу. Це покращує смак та запах води, забезпечуючи приємний смак для споживання.

- видалення органічних речовин: вугільний фільтр має високу поглинальну здатність до органічних сполук, таких як хімічні речовини, пестициди та фармацевтичні залишки. Він допомагає зменшити концентрацію цих речовин у воді, забезпечуючи додатковий етап очищення.

- поліпшення смаку та запаху води : вугільний постфільтр ефективно видаляє неприємні запахи та смаки, які можуть бути присутніми у воді після проходження через основну мембрану зворотного осмосу. В результаті виходить свіжа чиста та смачна вода для споживання.

Раніше було досліджено, що марганець (Mn) накопичувався на робочих групах активованого вугілля вугільних картриджів. Mn зазвичай включений у біоплівки, що було підтверджено аналізом оптичної мікроскопії, і що Mn, таким чином, був здебільшого видалений під час зворотного промивання. Видалення Mn зі змінних елементів систем зворотного осмосу, пов'язане з діяльністю бактерій, які окиснюють марганець і які перетворюють Mn (II) на нерозчинні оксиди марганцю (MnOx) на поверхні гранул. У таких системах більша частина осажденного MnOx буде потім вимита разом із біоплівкою під час зворотного промивання [5].

Елементний аналіз також показав накопичення Ca та Fe, але, ймовірно, через адсорбцію в гранулах активованого вугілля, зворотна промивка майже не видалила їх із зразків. Накопичення металів, наприклад Ca та Fe, часто спостерігалось в товщі вугільних картриджів, і зворотна промивка не призвела до видалення цих металів. Ca зазвичай відкладався у вигляді карбонату кальцію (CaCO₃) або у вигляді комплексу з гуміновими речовинами. Відкладення CaCO₃ або Ca-гумінових комплексів у порах може сприяти їх затриманню в картриджі і неможливості їх очистити хімічними чи механічними методами.

Отож, було виявлено, що на відміну від поліпропіленових фільтрів, вугільні картриджі відновлювати неможливо через фізико-хімічну природу засипки з активованого вугілля. Тому єдиним варіантом зменшення навантаження на доквілля пропонується розробити розбірні картриджі з можливістю відділяти гранули від корпусу та використовувати їх в якості паливних брикетів на підприємствах після спеціальної обробки (температурою та пресуванням) забруднених гранул.

Література

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. 512 с. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>

2. Sauv e S, Desrosiers M. A review of what is an emerging contaminant. Chemistry Central Journal. 2014; 8(1):15.

Gomelya N., Hrabitchenko V., Trohimennko A., Shablji T. Research into ion exchange softening of highly mineralized waters. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 4, № 10(82). P. 4–9.

3. Disease Control Priorities in Developing Countries. 2nd edition. Jamison DT, Breman JG, Measham AR, et al., editors. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank; New York: Oxford University Press. 2006.

4. Вугільний постфільтр Aquafilter AICRO (різьблення G1/4") для систем зворотного осмосу.

https://vodavdom.ua/Product/269?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwx-CyBhAqEiwAeOcTdTc-N1IxiSlmambF17f39yC3JHHlrkgveM8M3RVHgOpR06mEWEAvjxoC9TwQAvD_BwE

5. P. Schumanna, J. A. Ordycez Andradec, M. Jekelb, A. S. Ruhla. Packing granular activated carbon into a submerged gravitydriven flat sheet membrane module for decentralized water treatment, Journal of Water Process Engineering, vol. 38, 2020. doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101517.

ОСОБЛИВОСТІ ВУГІЛЬНИХ КАРТРИДЖІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ПЕРЕРОБКИ

Маргарита КАРПЕНКО

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Україна

Вячеслав РАДОВЕНЧИК

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-5361-5808>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305210>

Ключові слова: *очищення води, зворотній осмос, вугільні картриджі, забрудники, активоване вугілля, паливні брикети.*

Анотація

Попередня обробка води перед зворотноосмотичними мембранами застосовується для запобігання забруднення та біобростання дороговартісної мембрани. Тому попередня фільтрація біологічним активованим вугіллям ефективно знижує концентрацію потенційних забруднень. Однак ця попередня обробка часто не здатна повністю видалити органіку, тобто розчинні позаклітинні полімерні речовини і гуміноподібні речовини. Найкраще з такими забрудненнями працюють вугільні картриджі у системах зворотного осмосу. Проте ці картриджі потрібно замінювати кожні 3-6 місяців, що призводить до накопичення значної кількості відходів в процесі користування побутовими установками зворотного осмосу. Зворотна механічна промивка не дає ефект повної регенерації, а хімічні методи не дозволяють анулювати результати адсорбції і зробити гранули активованого вугілля придатним до повторного використання. Тому дієвим способи переробки даних картриджів, в зв'язку з неможливістю їх регенерації, є розробка розбірних моделей з можливістю використовувати вугільну засипку в якості паливних брикетів.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304851>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕКИСНЕННЯ ВОДИ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ТА З ВИКОРИСТАННЯМ РЕАГЕНТУ ГІДРАЗИНУ

Микола КОСМИНА, Юлія НОСАЧОВА

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: kosmynaeco@gmail.com

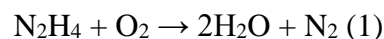
Анотація.

В даній тезі досліджується проблематика експлуатації теплових мереж та об'єктів теплоенергетики. Корозійні процеси чинять колосальний вплив на працездатність як мережі, так і підприємства в цілому, оскільки завдає великих збитків. Якщо зменшити вміст кисню у воді, яка потрапляє у мережу з водою для підживлення, то можна зменшити вплив корозійних процесів. В даній роботі досліджено вплив гідразингідрату на зменшення кисню у воді при різних температурних умовах. Використання гідразингідрату у воді є ефективним лише за підвищеної температури. Збільшення температури води посилює ефект зменшення вмісту кисню, а сам гідразин як реагент не створює побічних ефектів, що впливають на перебіг експерименту.

Ключові слова: *гідразин, корозія, киснемір, електрохімічні методи знекиснення, зменшення вмісту кисню.*

Однією з головних проблем при експлуатації теплових мереж та об'єктів теплоенергетики є корозійні процеси. У теплових мережах можуть реалізуватися як внутрішня, так і зовнішня корозія. Причиною внутрішньої корозії частіше за все є присутність у воді розчиненого кисню. Чим більше вміст кисню у воді і вище температура теплоносія, тим активніше проходить корозійний процес. Основна кількість кисню потрапляє теплову мережу з підживлювальною водою. Щоб знизити розвиток внутрішньої корозії підживлювальна вода перед подачею її в оборотну лінію теплової мережі має бути знекиснена.

Для отримання води вільної від кисню застосовуються різні хімічні та електрохімічні методи знекиснення. У воду додають компоненти, які активно вступають в реакцію з розчиненим киснем. Часто на стадії підготовки води в якості робочої речовини на теплоелектроцентралях як хімічний знекиснюючий реагент використовують гідразингідрат. При цьому відбувається зв'язування кисню з виділенням інертного азоту (1):



Метою нашого дослідження було визначення ефективності процесу знекиснення води від температури при використанні гідразингідрату. В ході дослідження використовували герметичну установку та киснемір. Температура підтримувалася водяною банею протягом всього часу дослідження. В якості робочої речовини використовували дистильовану воду.

Результати досліджень представлені на рис. 1 – 4.

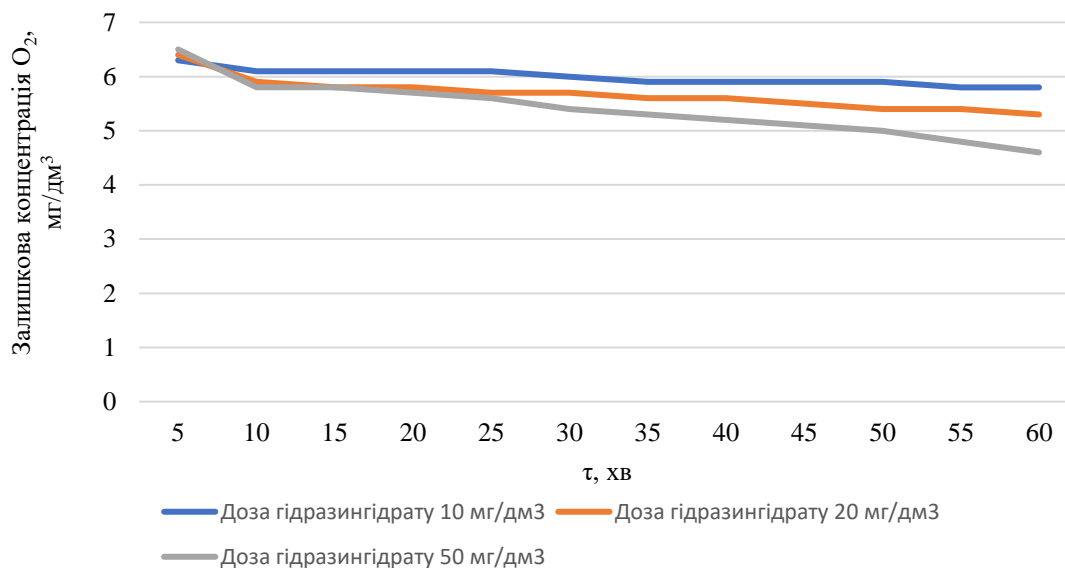


Рис. 1. Кінетика зміни концентрації кисню від дозу гідрозингідрату при 12 – 15 °С

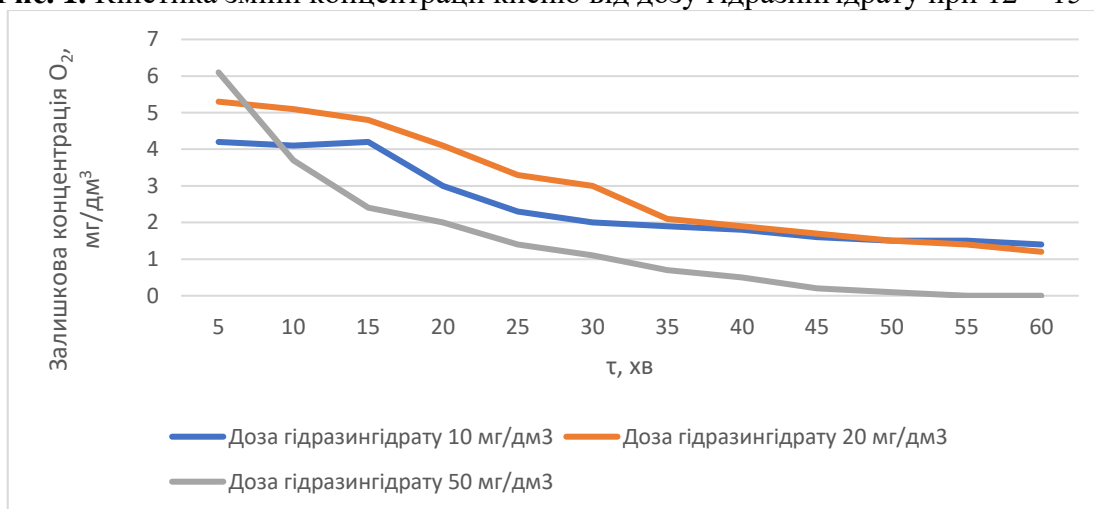


Рис. 2. Кінетика зміни концентрації кисню від дозу гідрозингідрату при 20 °С

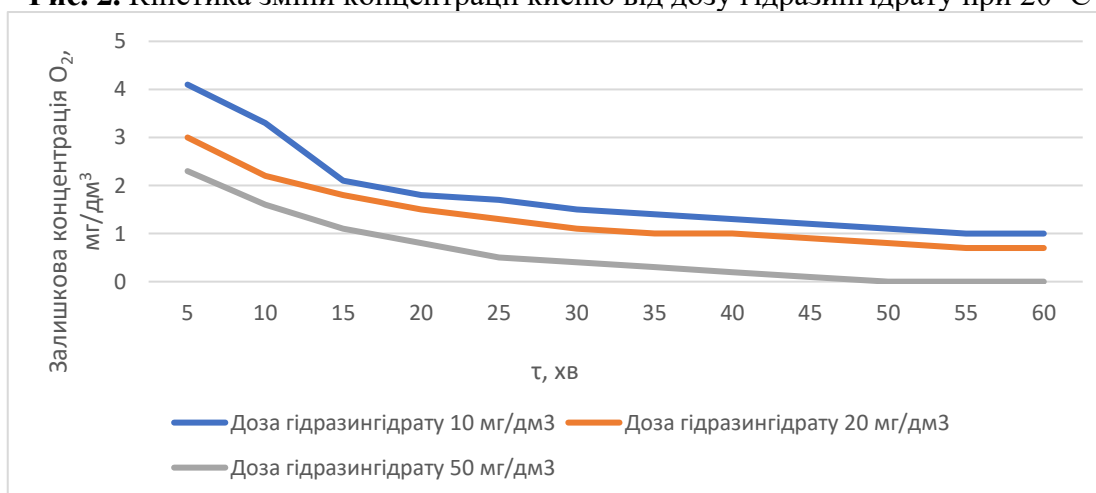


Рис. 3. Кінетика зміни концентрації кисню від дозу гідрозингідрату при 30 °С

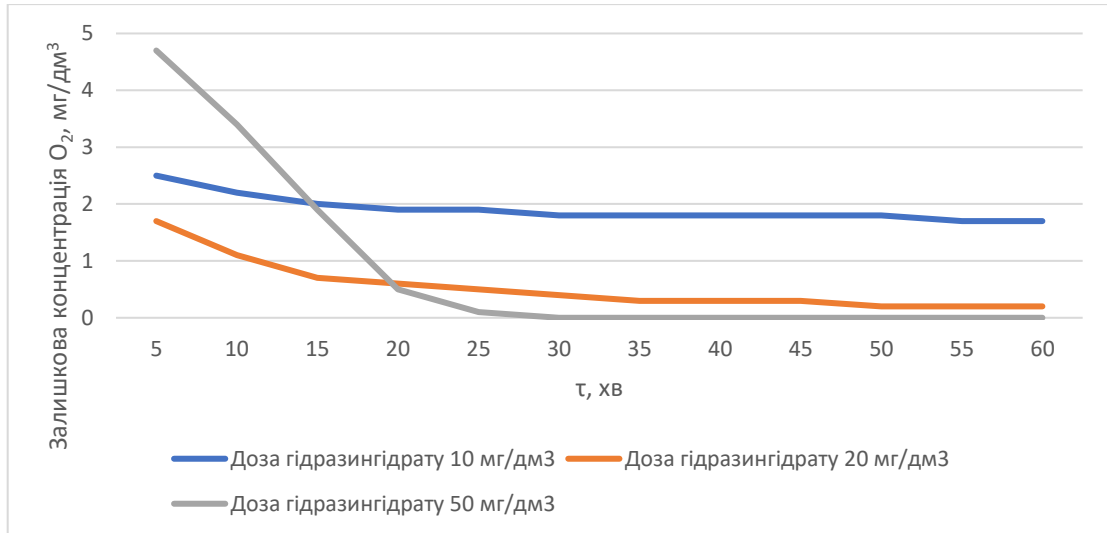


Рис. 4. Кінетика зміни концентрації кисню від дозу гідразингідрату при 40 °С

З отриманих результатів видно, що використання гідразингідрату у воді є ефективним лише за підвищеної температури. Збільшення температури води посилює ефект зменшення вмісту кисню, а сам гідразин як реагент не створює побічних ефектів, що впливають на перебіг експерименту. Проте при знекисненні підживлювальної води, вона не підігривається і тому зростає вірогідність потрапляння кисню в систему.

В подальшому планується проводити дослідження каталітичного підвищення швидкості реакції гідразингідрату з киснем при низьких температурах.

Література

1. Шуриберко М.М. Кондиціонування води для ресурсоефективних екологічно безпечних водоциркуляційних систем / Дисертація - 2020. - С. 43.
2. Петренко О. Д. Огляд методів дегазації робочих рідин / О. Д. Петренко, О.Ф. Луговський // Mechanics and Advanced Technologies №7.3 (99) – 2023. - С.301-308.

RESEARCH OF WATER DEOXIDATION PROCESSES AT DIFFERENT
TEMPERATURES AND USING HYDRAZINE REAGENT

Mykola KOSMYNA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

Yuliia NOSACHOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6431-7128>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304851>

Keywords: *hydrazine, corrosion, oxygen meter, electrochemical methods of deoxidation, reduction of oxygen content.*

Abstract

This thesis examines the problems of operation of thermal networks and thermal power facilities. Corrosion processes have a colossal impact on the performance of both the network and the enterprise as a whole, as it causes great losses. If you reduce the oxygen content in the water that enters the make-up water network, you can reduce the impact of corrosion processes. In this work, the influence of hydrazine hydrate on the reduction of oxygen in water under different temperature conditions was investigated. The use of hydrazine hydrate in water is effective only at elevated temperatures. An increase in water temperature increases the effect of reducing the oxygen content, and hydrazine itself as a reagent does not create side effects affecting the course of the experiment.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304156>

ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЕКОСИСТЕМИ У КОНТЕКСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГЕС

Софія КОЧІШ, Олена НОВИК

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: sofia.kochish@gmail.com

Анотація

У роботі розглянуті гідродинамічні процеси, що відбуваються під час роботи гідроелектростанції та їхні наслідки. Проаналізовано та оцінено вплив функціонування та конструкції ГЕС на екосистему навколишнього середовища. Зроблено висновок, що, хоча гідроелектростанції є комерційно привабливими відновлюваними джерелами електроенергії та мають низькі викиди забруднень, гідродинамічні процеси в них сприяють евтрофікації водойми, ерозії ґрунту та знижують якість води.

***Ключові слова:** гідроелектростанція, екосистеми річкових басейнів, гідродинамічні процеси, відновлювальна енергія, ерозія ґрунту, забруднення води.*

Використовуючи природний потенціал водних ресурсів у поєднанні з антропогенним впливом, нині людство має невіддільну частину системи енергопостачання - гідроелектростанції (ГЕС). Порівнюючи гідроенергетику з іншими найрозповсюдженішими видами електроенергії, вона має ряд переваг, починаючи від комерційних: низька собівартість електроенергії та будівництва станцій, закінчуючи сприятливими екологічними факторами: відновлюваність джерела енергії та відсутність шкідливих викидів в атмосферу. Однак, попри переваги екологічної чистоти функціонування ГЕС, дана енергетика також має значний негативний вплив на навколишнє середовище та екосистеми річкових басейнів.

Ця робота розглядає гідродинамічні процеси, що відбуваються під час функціонування гідроелектростанції, та аналізує їхні екологічні наслідки. Оцінка таких впливів є важливою для розробки збалансованих рішень, що поєднують енергетичні потреби з необхідністю збереження природних екосистем.

Гідроелектростанції можна класифікувати за різними критеріями, але їхній принцип роботи суттєво не відрізняється. Початок всього процесу зводиться до джерела води - природний потік або штучно створена конструкція для нього. Вода є робочим тілом для всього процесу, в котрому гідравлічний тиск запускає роботу гідротурбін, обертальний рух котрих, своєю чергою, активує генератори, які виробляють електроенергію. Таким чином, першочерговою умовою для роботи гідроелектростанції є наявність гідростатичного тиску води. У найпоширенішому типі гідроелектростанцій, гребельних, напір на ГЕС створюється шляхом підпору рівня ріки греблею з утворенням водойми, котра також додатково дає змогу працювати гідроелектростанції у будь-який час. Гребля створює необхідну висоту, котра крім напору води, ще забезпечує потенціальну енергію, складовою якої є також є маса тіла. Збільшення висоти греблі призводить до збільшення потенціальної енергії води. Знаючи, що

потенціальна енергія є частиною механічної енергії, котра за допомогою генератору перетворюється в електричну, впливає метод примноження виробленої електроенергії ГЕС - збільшення висоти греблі. Після підвищення рівня водостоку, відповідно збільшується глибина.

Згідно з класифікацією В. Нікори та ін., за достатньої глибини водойми, потік можна розділити на декілька шарів, котрі змінюються, залежно від заглиблення: (i) поверхневий шар, на котрий впливають сторонні чинники; (ii) середній шар, котрий найменш піддається впливу поверхні чи дна; (iii) логарифмічний шар, котрий відрізняється від попереднього шару характерною швидкістю; (iv) шорсткий шар, котрий поділяється на: (a) піддонний підшар, котрий контактує з верхнім рівнем частинок, що вистилають дно, та за рахунок сили опору має нижчу швидкість, та (b) міжфазний підшар, котрий проходить між частинками дна, та має ще вищу силу опору, відповідно, нижчу швидкість; найглибше проходить (v) підповерхневий шар (схема 1) [1].

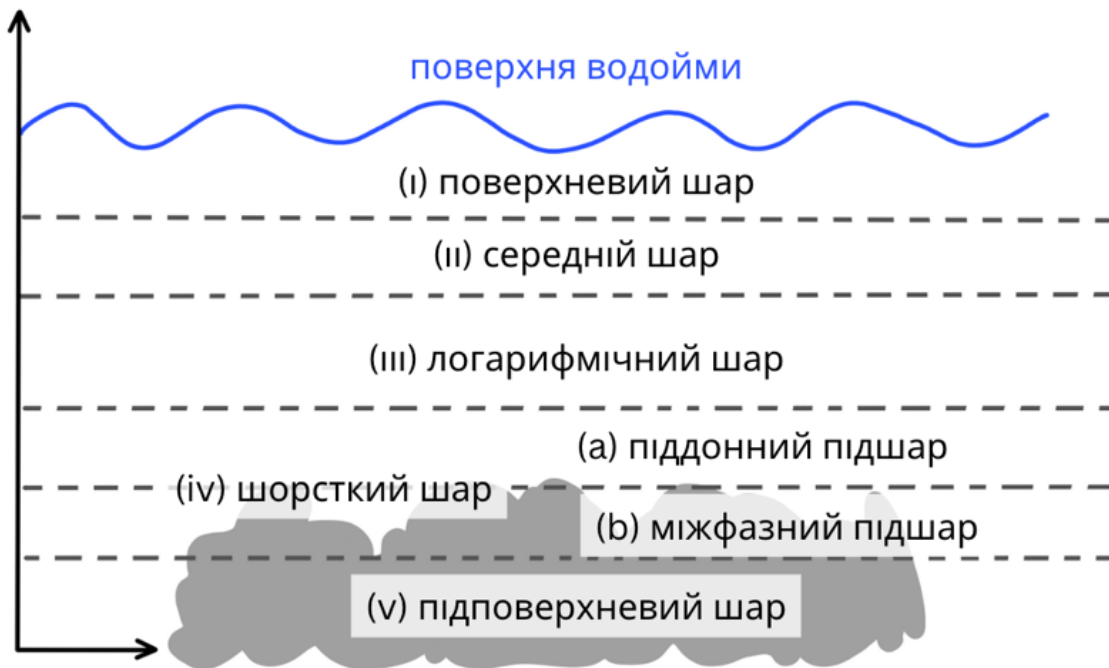


Схема 1. Шари потоку за класифікацією В. Нікори та ін. [1]

Швидкість потоку має велике значення у водних екосистемах. За швидкої течії інтенсифікується перемішування води, що сприяє транспорту поживних речовин та кисню, маючи позитивний ефект на види, та сила опору, котра розбиває скупчення організмів та перешкоджає їх поселенню. З іншого боку, за низької швидкості течії вода повільно перемішується, що сприяє зниженню рівня кисню, накопиченню опадів та сповільненому транспорту нутрієнтів. Проте в такому випадку сила опору теж знижується, не створюючи перешкод для руху чи розселення організмів. Таким чином, існує певна оптимальна швидкість, за котрої перемішування та сила опору збалансовані (схема 1) [2].

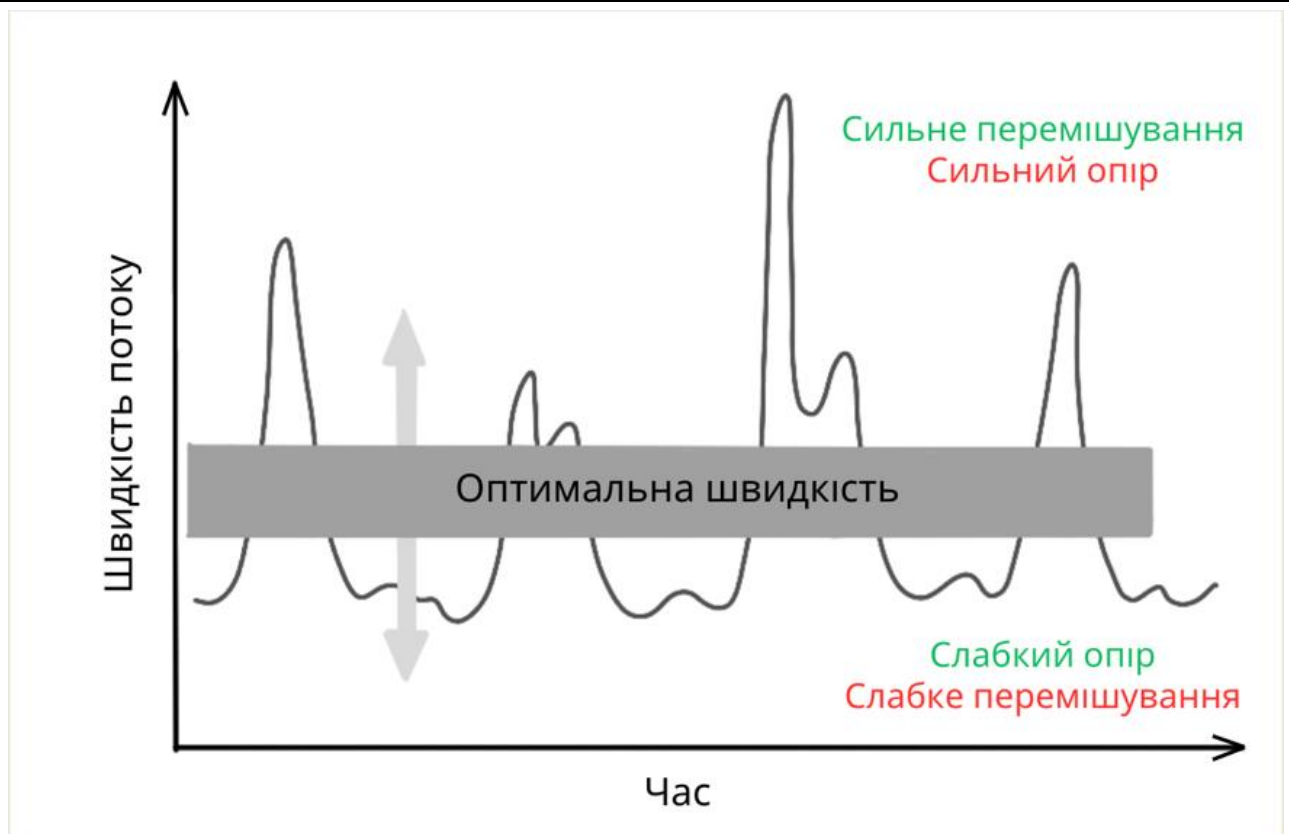


Схема 2. Зв'язок між швидкістю течії, перемішуванням, силою опору та оптимальною швидкістю [2].

Так як у верхньому басейні швидкість потоку води майже нульова, течія здатна переносити лише дрібні частинки по дну водосховища, тому воно стає мулистим та мінливим, що втручається в розвиток бентосу [3, 4]. Мул містить як шкідливі хімічні речовини, так і нутрієнти, за надлишку котрих виникає евтрифікація [5]. Перемішування води незначне, а отже транспорт кисню нерівномірний [6]. За рахунок збільшення глибини у водосховищі, порівняно з нормальним рівнем води в річці бентос не отримує потрібних кількостей сонячної енергії. У верхніх шарах води також присутня проблема перемішування води: за нерівномірного розподілу кисню та надлишку нутрієнтів ціанобактерії, зелені водорості та діатомові водорості, що розташовуються у верхніх шарах води, швидко збільшують свою біомасу, викликаючи цвітіння води, виділяючи токсини та поглиблюючи проблему проникнення сонячного світла та кисню в глибші шари води [5]. Таким чином, відбувається розшарування басейну за густиною, стратифікація, де гіполімніон є найглибшим та, відповідно, найменш насиченим киснем шаром (схема 3). За окиснення забруднювачів, присутніх у мулі, концентрація кисню падає ще більше [6, 7]. Вода з гіполімніону майже не скидається греблею. Серед іншого, конструкція гребель втручається в міграційні шляхи риби, кардинально зменшуючи ряд популяцій, котрі також би мали регулювати надмірне розмноження декотрих видів [8].

Нижче греблі, навпаки, швидкість води зависока, що спричиняє розмивання дна та ерозію ґрунту, адже утворення воронки компенсується сходженням ґрунту з берегів. Таким чином, забруднювачі з ґрунтів потрапляють у воду [3]. Ціанобактерії, зелені та діатомові водорості та їх токсини скидаються з басейну далі за течією річки. А отже, незважаючи на те, що швидкість

течії після скиду з греблі є значно вищою, а тому й з адекватним перемішуванням та силою опору, її якість значно знижена за рахунок забруднювачів з водосховища та ґрунтів.

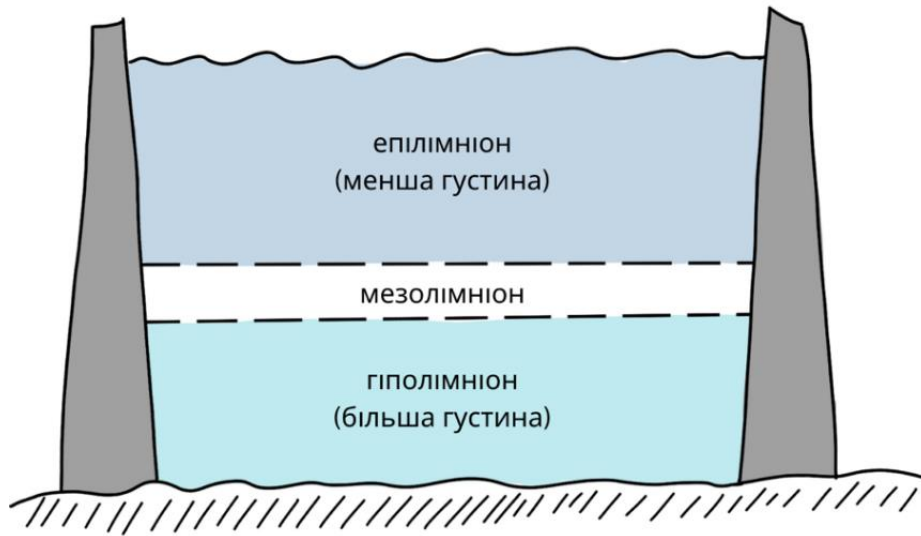


Схема 3. Стратифікація з утворенням трьох шарів: епілімніона, що розташовується найближче до поверхні, отримує найбільше сонячного світла та кисню, має меншу густину; мезолімніона, що виступає своєрідним буфером; та гіполімніона, що має більшу густину, отримує менше енергії від сонячного світла та кисню.

Отже, ГЕС порушують функціонування екосистем за рахунок затримки води у водосховищі, що піддають її процесам евтрифікації та сприяють зниженню якості води. У місці скиду води з греблі часто виникають ерозії та, як наслідок, надходження забруднювачів у течію. Майбутні дослідження мають фокусуватися на детальнішому дослідженні індивідуальних екосистем, на котрі впливає гребля для кращого розуміння зв'язків між видами, вплив гідродинамічних процесів на них. А далі – їх моделювання, аби знайти системне розв'язання проблеми. Водночас для ремедиації можна використовувати хімічні та біологічні методи, мікробіомну та екосистемну інженерію.

Література

1. Marion, Andrea & Nikora, Vladimir & Puijalon, Sara & Bouma, Tjeerd & Koll, Katinka & Ballio, Francesco & Tait, Simon & Zaramella, Mattia & Sukhodolov, Alexander & O'Hare, Matthew & Wharton, Geraldene & Aberle, Jochen & Tregnaghi, Matteo & Davies, Peter & Nepf, Heidi & Parker, Gary & Statzner, Bernhard. (2014). Aquatic interfaces: A hydrodynamic and ecological perspective. *Journal of Hydraulic Research*. 52. 10.1080/00221686.2014.968887.
2. Nikora, V. I. (2010). Hydrodynamics of aquatic ecosystems: An interface between ecology, biomechanics and environmental fluid mechanics. *River Research and Applications*, 26(4), 367-384. <https://doi.org/10.1002/rra.1291>.
3. Kiraga, M. J. (2021). Hydroelectric Power Plants and River Morphodynamic Processes. *Journal of Ecological Engineering*, 22(7), pp.163-178. <https://doi.org/10.12911/22998993/139068>.
4. Bredenhand, Emile & Samways, Michael. (2009). Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot: Cape Floristic Region, South Africa. *Journal of Insect Conservation*. 13. 297-307. 10.1007/s10841-008-9173-2.

5. Buta, B., Wiatkowski, M., Gruss, Ł. *et al.* Spatio-temporal evolution of eutrophication and water quality in the Turawa dam reservoir, Poland. *Sci Rep* 13, 9880 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36936-1>.

6. French, J. A. (2022). Managing the Quality of the Impounded Water. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1000168>.

7. Shi, J., Wang, L., Yang, Y., & Huang, T. (2022). A case study of thermal and chemical stratification in a drinking water reservoir. *Science of the Total Environment*, 850, 157787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157787>.

8. Yi, Y., Yang, Z., & Zhang, S. (2010). Ecological influence of dam construction and river-lake connectivity on migration fish habitat in the Yangtze River basin, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2(1), 1892-1897. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.207>.

THE IMPACT OF HYDRODYNAMIC PROCESSES ON ECOSYSTEMS IN THE CONTEXT OF HYDROPOWER PLANT OPERATION

Sofia KOCHISH

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0000-7259-5953>

Olena NOVYK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0009-2338-9403>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304156>

Keywords: *hydropower plant, river basin ecosystems, hydrodynamic processes, renewable energy, soil erosion, water pollution.*

Abstract

This work examines the hydrodynamic processes that occur during the operation of a hydropower plant and their consequences. The impact of hydropower plant performance and design on the surrounding ecosystem were analyzed and evaluated. It was found that, although hydropower plants are commercially attractive renewable sources of electricity and have low emissions, hydrodynamic processes in them contribute to eutrophication of the reservoir, soil erosion, and reduced water quality.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304123>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЛОВЛЮВАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЦЕМЕНТНОГО ПИЛУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ

Наталія ЛАЦИК, Ігор ПЕТРУШКА

Національний університет “Львівська політехніка”

вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79000, Україна

e-mail: nataliia.v.latsyk@lpnu.ua

***Анотація.** Забруднення атмосферного повітря є проблемою через неефективні технологічні процеси, пов'язані з обробкою твердих матеріалів у різних галузях промисловості, включаючи металообробку та деревообробку, вуглезбагачення, спалювання кам'яного вугілля на теплових електростанціях, металургію та підприємства промисловості будівельних матеріалів. Проблема актуальна для заводів з виробництва цементу, оскільки деякі з них використовують застаріле обладнання. Тонкодисперсний пил у цьому контексті стає особливо важливим, оскільки розмір частинок цього пилу впливає на якість і марку виробленого бетону. Оптимальним рішенням проблеми очищення пилегазових потоків у цементній промисловості є використання двоступеневої пиловловлюючої системи, яка комбінує в собі вдосконалений циклон та рукавний фільтр. Завдяки спеціально розробленому механізму для періодичного струшування, пропонується система дозволяє ефективно вловлювати і контролювати тонкодисперсні частинки пилу, забезпечуючи високу якість виробленого цементу та знижувати техногенний вплив на довкілля.*

***Ключові слова:** повітря, цементний пил, удосконалення обладнання, очищення, пилегазові потоки.*

Цементний пил та його складові сполуки (оксиди деяких металів) є шкідливими подразниками дихальних шляхів, його надлишок в повітрі населених пунктів та в повітрі робочої зони викликає подразнення верхніх відділень легень, в результаті чого можуть виникати хронічні [1] захворювання (бронхіти, трахеїти), а інколи такі процеси приводять до онкологічних захворювань.

Обладнання для вловлювання пилу, згідно нормативних документів (зокрема державний стандарт ССБП – ГОСТ 12.2.043-82), класифікується по принципу фізичних явищ, які протікають в процесі їх роботи, та поділяються [2] на гравітаційні, інерційні, фільтруючі та електричні. Більш загальний підхід, запропонований в роботі [3], поділяє всі види споруд і обладнання для захисту біосфери від пилу на дві групи – сухі та мокрі пиловловлюючі апарати.

Всі пиловловлюючі пристрої та апарати, в яких реалізується сухий метод очищення розділяють [3] на три групи: пилоосаджувальні камери, принцип роботи яких полягає у дії сили ваги (гравітаційний метод); інерційні пиловловлювачі – в основі роботи лежать сили інерції; циклони (батареїні циклони) в яких переважають відцентрові сили.

Ефективність роботи описаних вище циклонів звичайних лежить на рівні 60-80%, батареїних циклонів – 97-99 %, рукавних фільтрів – 99.5 – 99.7 %, але через невелику

теплостійкість тканин синтетичних (1300 °С) і склотканин (2300 °С) через забивання фільтруючого елемента їх ефективність з часом знижується.

Ідеальним вирішенням проблеми очищення пилегазових потоків для цементної промисловості є двоступенева пилловловлююча система, яка об'єднує в собі вдосконалений циклон із рукавним фільтром, котрий при допомозі спеціально розробленого механізму періодично струшується [7].

Існуючі системи для збору пилу зазвичай є громіздкими та не завжди ефективно впораються з вловлюванням пилу, особливо коли він має широкий діапазон розмірів частинок від 10^{-7} - 10^{-4} м [1]. Ця проблема набуває особливого значення в цементній промисловості, де виробництво супроводжується великою різноманітністю дисперсного складу пилу.

Значущою є і та обставина, що виробництво цементу має високий ступінь впливу на якість бетону, а це, в свою чергу, безпосередньо впливає на будівельну індустрію та екологію. Тонкодисперсний пил, якісно вловлений та контрольований, може позитивно вплинути не лише на довкілля, але і на економічний стан виробництва цементу, оскільки висока марка бетону призводить до збільшення попиту на продукцію. Таким чином, вдосконалені пилловловлюючі системи стають ключовими для досягнення покращення ефективності виробництва та зниження його впливу на довкілля.

Запропонована нами пилловловлююча система забезпечує підвищення ефективності пилоочищення, а також роздільне пилловловлювання дрібнодисперсного пилу. В розробленій конструкції пилловловлюючої системи працюють наступні ступені очищення :

- під дією відцентрових сил в кільцевому просторі між подвійною стінкою корпусу циклона дифузорованого типу,
- під дією сил інерції в тому ж просторі, оскільки потік запиленої пилепоповітряної суміші подається у вужчу частину дифузора,
- під дією гравітаційних сил на частинки пилинок,
- під дією відцентрових сил в просторі між внутрішньою стінкою корпусу циклону та блоком рукавних фільтрів,
- під дією сил інерції в просторі між перфорованою стінкою та блоком рукавних фільтрів,
- під дією сил акустичного поля для короткочасної коагуляції дрібно- дисперсного пилу,
- під дією динамічних сил опору, що пропускають через шар пористого матеріалу тільки частинки пилинок меншого розміру[4].

Завдяки вищезазначеним етапам очищення, пилловловлююча система, яку ми пропонуємо, досягає значного підвищення своєї ефективності. Це досягається завдяки комплексному підходу та оптимальному поєднанню різних діючих сил на частки пилинок протягом процесу очищення.

Особливу роль у підвищенні ефективності грає комбінація циклона, акустичного коагулятора та блоку рукавних фільтрів. Цей блок рукавних фільтрів додатково оснащений механізмом періодичного струшування, що сприяє збільшенню тривалості його ефективної роботи [5].

Також важливо відзначити конструювання доповнення до системи для пилловловлення - збірної воронки для тонкодисперсного пилу. Це дозволяє системі розділяти вловлений пил на дві фракції. Перша фракція, яка містить тонкодисперсний пил, може бути використана для виробництва цементу високої марки, що в свою чергу є продуктом високої вартості в цементній промисловості. Друга фракція повертається в основний технологічний процес на його фінішній стадії, оптимізуючи використання ресурсів та забезпечуючи більш ефективний виробничий цикл. Такий інтегрований підхід дозволяє досягти оптимальних результатів як з

точки зору виробництва високоякісного цементу, так і з погляду сталого та ефективного управління пиловидаленням[6].

На рис. 1 зображена принципова схема пиловловлюючої системи. Пиловловлююча система працює наступним чином. Потік запиленого повітря, відібраний із робочої зони, або із технологічного апарату під динамічним напором, направляється в нижню (вужчу) частину циклона 1 дифузорного типу через вхідний його патрубок 4, та попадає у простір між суцільною його стінкою 2 і внутрішньою 3 перфорованою стінкою. В цьому кільцевому просторі розташована та жорстко прикріплена до внутрішньої стінки 3 спіральна направляюча 6, з допомогою котрої потік закручується та піднімається вверх. Грубо дисперсні частинки пилу по ходу пилеповітряного потоку (спочатку важчі, а потім все легші) проникають під дією гравітаційних та відцентрових сил через перфоровані отвори внутрішньої стінки 3 та опускаються через патрубок 9 вловленої пилу у накопичувальний бункер (на схемі не показаний, оскільки не входить склад пиловловлюючої системи) [4].

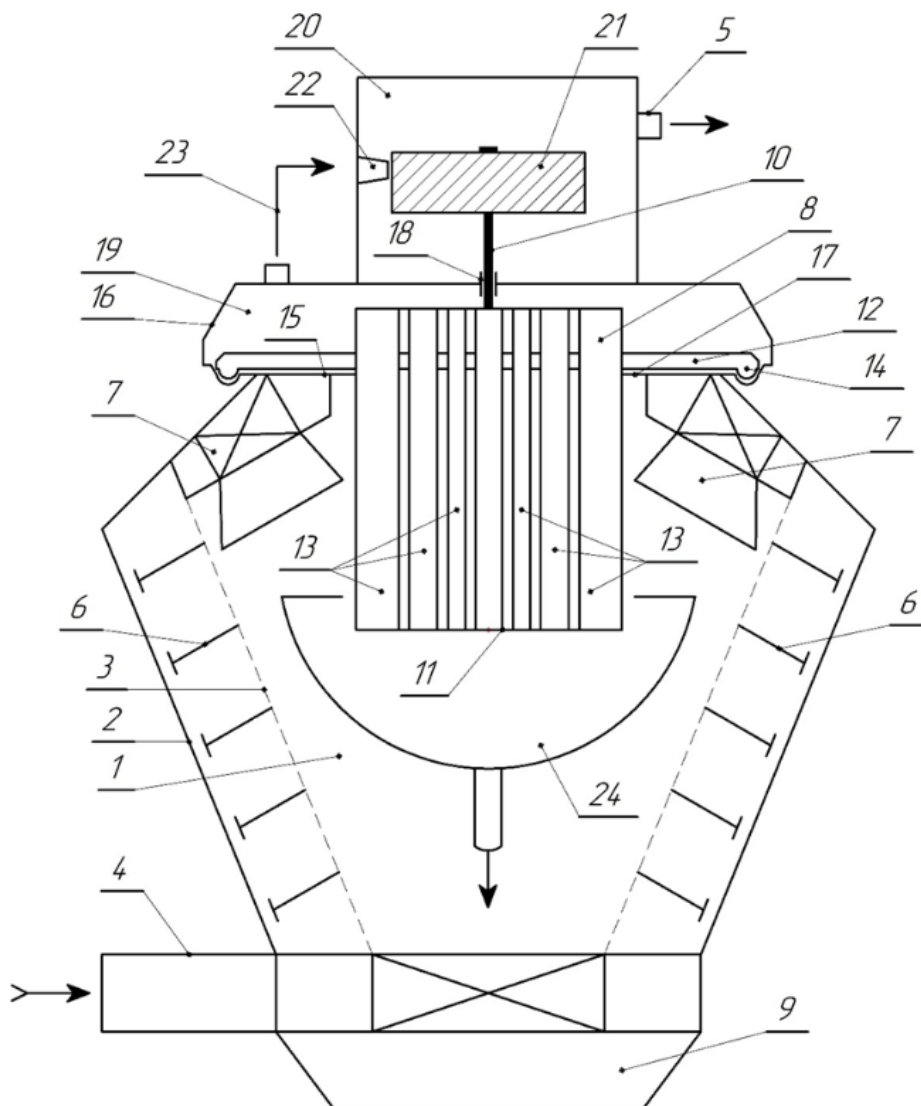


Рис.1. Конструктивна схема пиловловлюючої системи на базі вдосконаленого циклона, акустичного випромінювача-коагулятора та аеродинамічною вставкою у вигляді рукавного фільтра з механізмом періодичного струшування

Пилеповітряний потік із дрібнішими частинками пилинок у верхній ширшій частинці циклона 1 дифузорового типу проникає в його внутрішню порожнину. Тут на цей потік починає впливати акустичне поле, яке створюється акустичним випромінювачем 7, який виконаний у вигляді кільцевого дифузора. Він прикріплений до внутрішньої частини конфузора, який закриває ширшу частину циклона, та сприяє коагуляції (укрупненню) дрібних пилинок у їх більші фракції. Потік укрупнених частинок пилу під дією гравітаційних сил спонтанно розділяється на два потоки: більші (грубіші) пилинки опускаються вниз у сторону патрубку 9, а далі у бункер, а інші ще дещо менші, відбившись від відділювача 8, також попадають, як і попередні, у бункер. Але деяка їх частина, завдяки своїй малій тинині, попадають у збірну воронку 24 [4].

А самі найменші (тонко дисперсні пилинки, які не піддалися акустичній коагуляції) попадають в зону відділювача 8, спеціально сконструйованого у вигляді блока рукавних фільтрів.

Характерною особливістю їхньої конструкції є те, що рукавні фільтри, які виготовляються із комбінації натуральних та синтетичних волокнистих матеріалів, в основному із органічних високомолекулярних сполук. Конкретний їхній склад вибирається з врахуванням діапазону робочих температур пилеповітряної суміші. В залежності від продуктивності пиловловлюючої системи, яка пов'язана з потужністю джерел утворення та викиду пилеповітряної суміші, рекомендована нами найменша кількість концентричних кіл, на траєкторіях яких розташовуються три або чотири рукави.

Таким чином, вловлені тонкодисперсні пилинки в перший момент часу від початку роботи пиловловлюючої системи, накопичуються на поверхні фільтрувального матеріалу рукавних фільтрів, а при певній їх товщині ефективність роботи фільтрувального матеріалу рукавних фільтрів починає знижуватися.

В запропонованій пиловловлюючій системі з метою уникнення вказаного недоліку функціонує механізм періодичного струшування, розроблений авторами. Він утворений двома вузлами, які включають верхню частину корпусу циклона (фланець 15, як нерухомий елемент) та верхній диск 12 блока рукавних фільтрів з опорними кулачками 14 на нижній його частині. Механізм періодичного струшування для очищення фільтрувальної поверхні рукавних фільтрів працює за наступним алгоритмом. Очищене від пилу повітря виходить із внутрішньої частини рукавних фільтрів, верхня сторона яких дещо виступає за край верхнього диска 12 блока рукавних фільтрів, та попадає у камеру 19 чистого повітря, яка утворена верхнім фланцем 15 з нижньої сторони та суцільною перегородкою 16 зверху. Із камери 19 повітря по повітропроводу 23 у камеру 20, меншого діаметра за камеру 19 чистого повітря, в камері 20 на верхній частині вала 10 блока рукавних фільтрів жорстко закріплена повітряна турбіна 21. На рівні верхнього краю повітряної турбіни 21 впритул підходить сопло 22, яке також жорстко прикріплене до внутрішньої сторони камери 20, та під'єднане до повітропроводу 23. При цьому, під дією реактивної сили повітряного струменя турбіна 21 обертається, а з нею і весь блок рукавних фільтрів. Опорні кулачки 14, що розташовані на нижній поверхні диску 12, рухаються по кільцевій впадині верхнього фланця 15, який закриває ширшу частину кільцевого зазору корпусу циклона 1. Завдяки спеціальному профілю кільцевої впадини на верхній поверхні фланця 15 блок рукавних фільтрів спочатку руху поволі піднімається, а потім різко під дією власної ваги опускається вниз, при цьому струшується пил, накопичений на поверхні фільтрувального матеріалу. Завдяки чому відновлюється фільтруюча здатність вказаного матеріалу, а у наступний період обертання процедура повторюється. Таких циклів за час одного повного кола може бути три або чотири, в залежності від особливостей вибраної конструкції пиловловлюючої системи, та визначається ця кількість на після декількох апробацій розробленої системи з врахуванням технологічних вимог. Ці вимоги узагальнено

входять у параметричний та конструктивний комплекси, що може використовуватися при розрахунку пиловловлюючої системи [4].

Побудова пиловловлюючої системи з дотриманням всіх описаних вище умов забезпечує покращення її експлуатаційних характеристик, зокрема збільшує ефективність пиловловлення, а також забезпечується відділення тонкодисперсної фракції.

Висновки. Впровадження запропонованої системи, яка включає в себе два елементи – циклон та рукавний фільтр, збудовані в єдиній конструкції чи складному корпусі, виявиться вельми ефективним для автоматичного струшування вловленого тонкодисперсного пилу у спеціальну збірну воронку. Важливо відзначити, що перед цим процесом струшування в міжкорпусному просторі циклону, завдяки спіральній направляючій, згідно описаним особливостям його конструкції, ефективність пилеочищення значно підвищується і може скласти конкуренцію існуючим рукавним фільтрам серії GAL-GLk компанії «Агрікон», серії DLMV компанії Donaldson та ФРІР (ступінь очистки 95 - 99,8%).

Ефективність цієї системи пиловловлення, зокрема в контексті виробництва цементу, визначає покращення екологічної ситуації в санітарно-захисній зоні. Отримання тонкодисперсної фракції дозволяє виробнику отримати високовартісний цемент. При цьому, у технологічному процесі виготовлення бетонних виробів, їх міцність, а також вартість, буде значно вищою. Такий інтегрований підхід не лише сприяє ефективному зменшенню впливу на навколишнє середовище, але й забезпечує підприємству конкурентні переваги, покращуючи якість продукції та економічні показники виробництва.

Література

1. Родионов А.И. Оборудование и сооружения для защиты биосферы от промышленных выбросов./ И.А. Родионов, Ю.П. Кузнецов, В.В. Зенков, Г.С. Соловьев // - М., Изд-во “Химия”, -1985 г., 381с.
2. V. Batluk. Побудова моделі факторів продуктивності для нового проекту пиловловлювача / V. Batluk, N. Paranyak // Econtechmod - міжнародний кварталний журнал з економіки технологічних процесів та моделювання. - Люблін-Решов, 2012. - Том. 1 - № 3. - с. 3-8.
3. Полутренко М.С. Підвищення ефективності систем пилеочищення з використанням розроблених модифікованих апаратів./М.С. Полутренко, Н.М. Параняк //- Міжвузівський зб., “Наукові нотатки”, - м. Луцьк, 2015., вип. 52, с.54-59.
4. Пиловловлююча система: пат. 155139 Україна: B01D 29/00, B01D 46/02/ І.М. Петрушка, Н.В. Лацик, М.П. Кулик. - № u 2022 02724; заявл. 24.08.2023; опубл. 24.01.2024; Бюл. № 4
5. Дубинін А.І., Ханік Я.М., Майструк В.В., Гаврилів Р.І. Прямотечійний циклон з коаксіальною вставкою. Аналіз роботи// Хімічна промисловість України. – 2005, №3. – С. 26-28.
6. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. –Вінниця: ВНТУ, 2005. – 158 с.
7. Граве, Х. К., Пауло, С. І., Петі, Г. А., та Ірасар, Е. Ф. (2021). Оптиміальне проектування циклонів в серії для розділення багатоконпонентних сумішей портландцементу. EPJ Web of Conferences, 249, 12003.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FINE CEMENT DUST CAPTURE
USING A TWO-STAGE CLEANING SYSTEM

Nataliia LATSUK

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-7539-2799>

Ihor PETRUSHKA

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-3344-4196>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304123>

Keywords: *air, cement dust, cement industry, equipment improvement, cleaning, dust-gas streams.*

Abstract

Atmospheric air pollution is a problem due to ineffective technological processes related to solid material processing in various industrial sectors, including metalworking and woodworking, coal enrichment, coal burning at thermal power plants, metallurgy, and building materials companies. This problem is relevant for cement factories, as some of them use outdated equipment. Fine dust becomes particularly important in this context, as the particle size of this dust affects the quality and grade of the manufactured concrete. Considering the specifics of cement production and the aims of our study, which are focused on the effective collection of fine particles, it is important to mention that wet methods of cement production are not the best solution. The ideal solution for the issue of dust-gas streams cleaning in the cement industry is to use a two-stage dust collection system that combines a refined cyclone and a bag filter. This system, thanks to a specially designed mechanism for periodic shaking, allows for efficient capture and control of fine dust particles, ensuring high quality of produced cement and reducing environmental impact.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304285>

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПИЛОВИХ ВИКИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ГАЗОБЕТОНУ НА ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ НОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Марія МАДАНИ

Одеський національний технологічний університет

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, Україна

e-mail: madanikader50@gmail.com

Анотація

У роботі дається вирішення актуального завдання щодо забезпечення захищеності природного середовища та життєво важливих інтересів людини від негативних впливів пилових викидів, що утворюються при виробництві газобетонних будівельних виробів. Встановлено, що при використанні традиційних систем очищення пилових викидів циклонами в атмосферне повітря викидається пил, до 100 % маси якого припадає на частинки з розмірами до 20 мкм. При цьому їхній медіанний діаметр дорівнює 12 мкм, відсоток частинок з розмірами менше 10 мкм (PM_{10}) становить 40 %, відсоток частинок з розмірами менше 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) – 0,5%. Відсоток частинок в атмосферному повітрі біля проммайданчика влітку коливаються: для PM_{10} – від 12 % до 40 %; для $PM_{2,5}$ – від 0,3 % до 0,5 %. На межі санітарно-захисної зони ці значення становлять 80% та 0,5% відповідно.

Ключові слова: очистки пилових викидів, технології захисту атмосфери, техноекологія, урбанізовані території.

Газобетон є універсальним сучасним будівельним матеріалом, його виробництво знаходить у нашій країні все ширше застосування. Разом з тим, підприємства з виробництва газобетонних будівельних конструкцій, як і підприємства з виробництва інших будівельних матеріалів, розташовуються в межах населених пунктів і характеризуються великими, значно перевищуючими нормативи ГДВ, викидами пилу в докільля урбанізованих територій.

Особливо це відноситься до дрібнодисперсних частинок PM_{10} та $PM_{2,5}$, вміст яких в атмосферному повітрі населених пунктів на даний час регламентується досить суворо. Тому **актуальними** є дослідження, спрямовані на розробку рішень, що забезпечують скорочення надходжень пилу в атмосферне повітря при виробництві газобетонних будівельних конструкцій.

Питаннями захисту навколишнього середовища від негативного впливу пилових викидів займалися багато дослідників – Дадак Ю.Р., Батлук В.А. Ляшеник А.В., Климець В.В., Козій І.С., Буров О.О., Карамушко А.В., Гаджиєв Е.Н. та інші [1–8]. У деяких із робіт цих авторів [9–11] наводяться схеми компонування систем знепилювання викидів від організованих джерел, які передбачають використання практично всіх типів пиловловлювачів (сухих та мокрих циклонів, скрубєрів, рукавних фільтрів та електрофільтрів).

Для очищення пилових викидів у цехах з виробництва газобетону застосовуються сухі методи очищення, тому що це зумовлено технологією виробництва, і для цієї мети найчастіше використовуються циклони. Однак, незважаючи на простоту конструкції, надійність роботи,

малі габаритні розміри, низькі енерговитрати та експлуатаційні витрати, ці апарати, навіть при двоступінчастій установці, не забезпечують необхідного ступеня скорочення викидів в атмосферу пилу, що утворюється під час виробництва будівельних матеріалів. У багатьох випадках це призводить до перевищення гігієнічних нормативів вмісту в атмосферному повітрі населених пунктів частинок з розмірами менше 10 мкм та 2,5 мкм.

Викладене вище послужило підставою для проведення експериментальних досліджень щодо оцінки впливу пилових викидів від джерел цеху з виробництва газобетонних блоків на якість повітря нормованих територій.

Метою даного дослідження є забезпечення екологічної безпеки виробництва газобетонних будівельних конструкцій для захисту міського повітряного середовища від забруднення пиловими викидами.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

– аналіз крупності пилу, що виділяється від технологічного обладнання при виробництві газобетонних блоків;

– аналіз фракційного складу пилу, що утворюється при виробництві газобетону та газобетонних блоків, що надходить у систему очищення пилових викидів та до міського атмосферного повітря;

– оцінка рівня забруднення міського повітряного середовища частинками PM_{10} та $PM_{2.5}$.

Матеріали та методи дослідження. Методи дослідження включали: аналітичне узагальнення відомих наукових та технічних результатів; планування фізичного експерименту; проведення лабораторних, натурних та дослідно-промислових досліджень; обробку експериментальних даних методами математичної статистики.

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій обґрунтована застосуванням класичних положень теоретичного аналізу, плануванням необхідного обсягу експериментів, підтверджена задовольняючою критеріям збіжністю отриманих результатів експериментальних досліджень, виконаних у лабораторних та промислових умовах, з результатами інших авторів.

Результати досліджень. При розробці заходів щодо зниження пилових викидів в атмосферне повітря було проведено аналіз крупності пилу, що виділяється від технологічного обладнання при виробництві газобетонних блоків. Результати наведено на рис. 1.

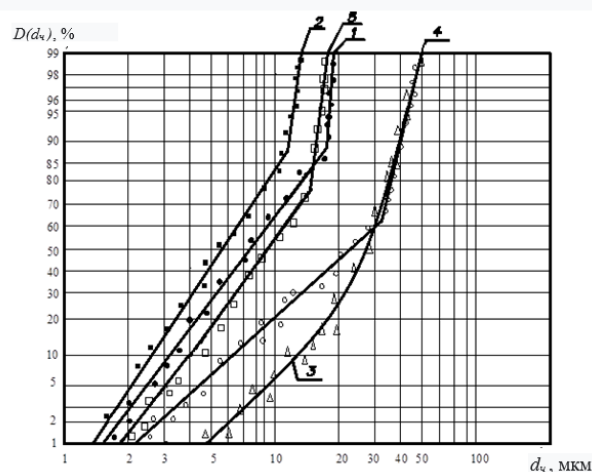


Рис. 1. Інтегральні функції фракційного розподілу маси частинок пилу, що надходить на систему аспірації від транспортера вихідних матеріалів:

1, 2 – при транспортуванні вапна до циклону і після циклону відповідно;

3, 4 – при транспортуванні піску, гіпсового каменю, цементу відповідно

Отримані дані показали, що після системи обезпилювання викидів циклонами ЦН-11 в атмосферне повітря надходить, наприклад, пил вапна, частинки якого мають медіанний діаметр 5,5 мкм і діапазон зміни крупності від 1,5 до 15 мкм. Від поста дроблення в атмосферне повітря після очищення надходять частки пилу з медіанним діаметром 12 мкм та діапазоном зміни розмірів від 1,8 до 18 мкм.

На рис. 2 наведено результати оцінки фракційного складу пилу, що міститься в атмосферному повітрі на території проммайданчика та на межі санітарно-захисної зони у теплий період року. Аналіз отриманих даних показує наявність частинок дрібнодисперсного пилу розміром менше 10 мкм.

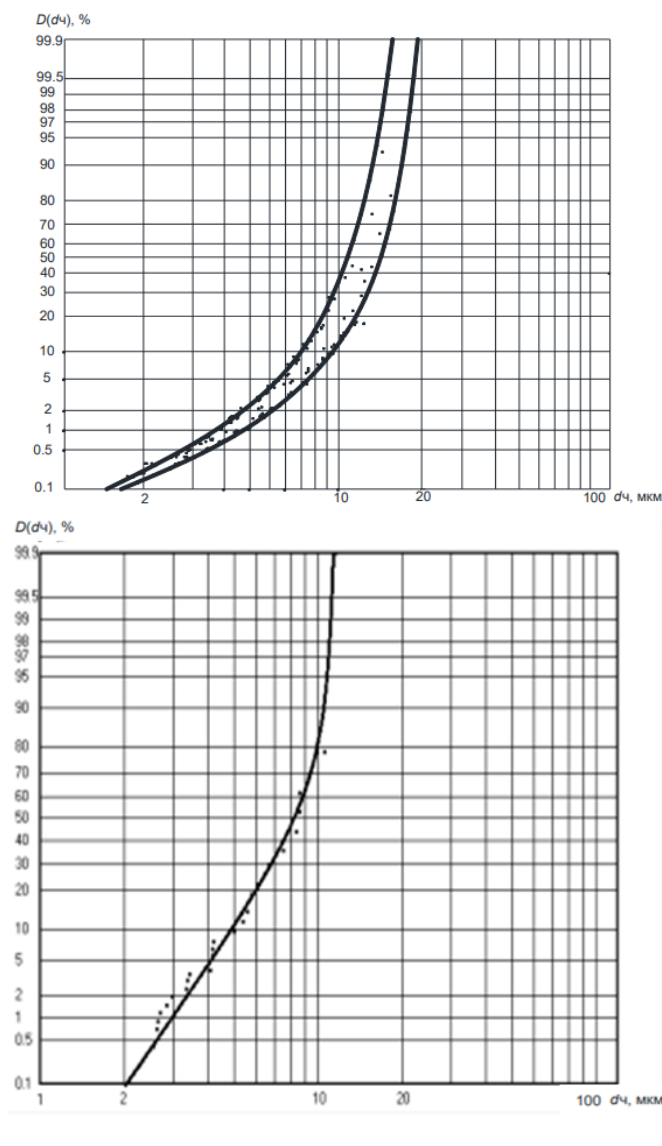


Рис. 2. Результати оцінки фракційного складу пилу в атмосферному повітрі на:
а – території проммайданчика; **б** – межі санітарно-захисної зони

Представлені результати свідчать, що у атмосферному повітрі біля проммайданчика частка частинок коливається для PM_{10} – від 12 % до 40 %, для $PM_{2.5}$ – від 0,3 % до 0,5 %. Медіанний діаметр часток становить 11–15 мкм. Розміри частинок змінюються не більше від 1,5 до 20

мкм. У атмосферному повітрі на межі санітарно-захисної зони на частку часток PM_{10} припадає 80 % маси пилу, на частку часток $PM_{2,5}$ – 0,5 %. Пилові частинки мають медіанний діаметр 8,2 мкм та межі зміни розміру від 2 мкм до 12 мкм. За результатами вимірювань загальної концентрації пилу в атмосферному повітрі та за даними про його дисперсний склад встановлено, що при виробництві будівельних блоків з газобетону внаслідок недостатнього ступеня знепилення викидів може відзначатися перевищення вмісту частинок PM_{10} , гранично допустима концентрація яких для повітря населених пунктів встановлена 0,3 мг/м³. Перевищення встановлених нормативів щодо концентрації частинок $PM_{2,5}$ не виявлено (табл. 1).

Таблиця 1. Концентрація частинок PM_{10} та $PM_{2,5}$ в атмосферному повітрі

Місце відбору проб	Загальна концентрація, мг/м ³	PM_{10}		$PM_{2,5}$	
		вміст, %	концентрація, мг/м ³	вміст, %	концентрація, мг/м ³
Територія проммайданчика	0,8	12–40	0,096–0,32	0,3–0,5	0,002–0,004
Межа санітарно-захисної зони	0,44	80	0,32	0,5	0,0022

Висновки

За результатами виконаних досліджень можна зробити такі висновки.

1. Встановлено, що при використанні традиційних систем очищення пилових викидів циклонами в атмосферне повітря викидається пил, до 100 % маси якого припадає на частинки з розмірами до 20 мкм. При цьому їхній медіанний діаметр дорівнює 12 мкм, частка частинок з розмірами менше 10 мкм (PM_{10}) становить 40 %, частка частинок з розмірами менше 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) – 0,5 %. Значення частки частинок в атмосферному повітрі біля проммайданчика влітку коливаються: для PM_{10} – від 12 % до 40 %; для $PM_{2,5}$ – від 0,3 % до 0,5 %. На межі санітарно-захисної зони ці значення становлять 80 % та 0,5 % відповідно.

2. На основі даних, отриманих у натурних умовах, зазначено перевищення вмісту частинок PM_{10} в атмосферному повітрі на території проммайданчика та на межі санітарно-захисної зони над ГДК, встановленою для таких частинок для повітряного середовища населених пунктів.

Література

1. Дадак Ю.Р., Ляшеник А.В. Чинники комплексного вирішення питання екологічної ефективності процесів знепилення на деревообробних підприємствах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. № 26.7. С. 277–284.

2. Батлук В. А., Параняк Н.М., Гречка І.П. Вирішення питання очистки повітря від цементного пилу. *Теорія і практика будівництва*. 2013. №11. С. 3–8.

3. Климець В.В., Козира І.М. Створення принципово нових конструкцій апаратів для вловлення пилу, що налипає. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доповідей XXI міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 29-31 трав. 2013. Харків, 2013. С. 324.

4. Мадані М.М. Зниження запиленості повітря робочої зони на деревообробних підприємствах. *Техногенно-екологічна безпека*. 2022. № 11. С. 68–73. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2022.1.10>

5. Козій І.С., Рой І.О., Яхненко О.М., Пономаренко Р.В., Щербак С.С. Математично-статистичне дослідження впливу дрібнодисперсних твердих забруднюючих речовин на здоров'я людини. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. № 10. С. 23–27.

6. Буров О. О., Буров О. І., Винограденко Л. В. Знепилювання газових викидів сушильної

установки. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2014. № 74. С. 140–143.

7. Карамушко А. В., Буров О. О. Підвищення екологічної безпеки паливного господарство ТЕС за рахунок використання закритої системи аспірації. *Актуальні проблеми енергетики та екології* : матеріали XII Всеукр. наук.-техн. конф., м. Одеса, 5-7 жовт. 2016. Одеса, 2016. С. 176–177.

8. Гаджиев Е.Н. Підвищення екологічної безпеки при виробництві теплоізоляційних матеріалів шляхом зниження викидів забруднюючих речовин з використанням дисперсійного аналізу пилу. *Науковий вісник будівництва*. 2018. Т. 92, №2. С.305–312. <https://doi.org/10.29295/2311-7257-2018-92-2-305312>

9. Мадані М.М. Захист атмосфери урбанізованих територій від пилових викидів при виробництві газобетонних конструкцій. *Техногенно-екологічна безпека*. 2023. № 1. С. 11–19. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2023.1.2>

10. Балтук В. А., Парняк Н.М. Розроблення заходів щодо техногенного навантаження на довкілля пилових викидів цементного виробництва. *Промислова гідравліка і пневматика*. 2014. № 1. С. 3–6.

11. Шмандій В. М., Климець В. В., Бахарєв В. С. Зменшення рівня екологічної небезпеки від пилових викидів зернових елеваторів. *Екологічна безпека*. 2014. № 1. С. 103–108.

ASSESSMENTS OF THE INFLUENCE OF DUST EMISSIONS IN THE PRODUCTION OF AERATED CONCRETE ON THE AIR QUALITY OF REGULATED TERRITORIES

Maria MADANI

Odesa National University of Technology, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9386-7364>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304285>

Keywords: *cleaning of dust emissions, technologies of atmosphere protection, techno-ecology, urbanized areas.*

Abstract

The work provides a solution to the urgent task of ensuring the protection of the natural environment and vital human interests from the negative effects of dust emissions generated during the production of aerated concrete construction products. It has been established that when using traditional dust emission cleaning systems with cyclones, dust is emitted into the atmospheric air, up to 100 % of the mass of which is accounted for by particles up to 20 microns in size.

At the same time, their median diameter is equal to 12 microns, the percentage of particles smaller than 10 microns (PM10) is 40 %, the percentage of particles smaller than 2,5 microns (PM2,5) is 0,5 %. The percentage of particles in the atmospheric air near the industrial site in the summer varies: for PM10 – from 12 % to 40 %; for PM2,5 – from 0,3 % to 0,5 %. At the border of the sanitary protection zone, these values are 80 % and 0,5 %, respectively.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304847>

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ НІТРОЦЕЛЮЛОЗИ З МОРСЬКОЇ ТРАВИ

Кіра МАЛИШОК¹, Оксана ПАВЛЕНКО¹,
Варвара ЩИГОТ², Ольга КРУТОВА-ОНИКІЄНКО²

¹ Шосткинський інститут Сумського Державного Університету
вул. Леоніда Каденюка, 1, м. Шостка, 41100, Україна

² Шосткинська спеціалізована школа I-III ступенів №1
вул. Чернігівська, 10, м. Шостка, 41100, Україна

e-mail: kiramalyalexandrovna@gmail.com

Анотація

Роботу присвячено дослідженню можливості утилізації берегових покладів морської трави *Zostera Marina* з отриманням актуального енергонасиченого матеріалу – нітроцелюлози. В роботі проведено літературний пошук за напрямком – використання нетрадиційної рослинної сировини у виробництві нітроцелюлози. Для отримання целюлози з морської трави було обрано органо-сольвентний метод, як такий, що має мінімальний вплив на навколишнє середовище в процесі використання. У якості сировини використовувалися промиті зразки покладів сухої морської трави з узбережжя Каркінітської затоки. Обраним методом була отримана целюлоза, та досліджена на вміст α -целюлози, який склав 75 %. Нітрування целюлози проводилося в лабораторних умовах з використанням потрібної нітруючої суміші.

Отримані зразки нітроцелюлози досліджені з використанням хімічних та інструментальних методів. Вміст нітрогену в зразках склав 11.95%. За результатами роботи доведено можливість використання берегових покладів морської трави *Zostera Marina* у якості альтернативної сировини для виготовлення нітроцелюлози. Це сприятиме очищенню берегової лінії від накопичених покладів морської трави та водночас створює джерело альтернативної сировини для отримання нітроцелюлози, яка є важливою складовою вибухових речовин, необхідних в період війни.

Ключові слова: морська трава, *Zostera Marina*, целюлоза, органо-сольвентний метод, нітроцелюлоза.

Берегові поклади морської трави вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів погіршують зовнішній вигляд пляжів та ускладнюють доступ до води. Великі накопичення потребують постійного видалення з території пляжів та подальшої утилізації. Одним з напрямків такої утилізації може бути використання покладів морської трави для отримання целюлози а також продуктів її хімічної переробки, зокрема, нітроцелюлози, якої так потребує сучасна хімічна та оборонна промисловість.

Існуюча проблема сировинного забезпечення виробництва затребуваних промисловістю марок нітроцелюлози вимагає пошуку нових сировинних джерел для їх отримання. Традиційно нітроцелюлозу отримують з бавовняної целюлози, вирощування якої потребує

значних ресурсів. Окрім бавовни, для виготовлення нітроцелюлози також використовується деревина, що призводить до вирубки лісів та шкодить довкіллю. В даний час бавовна є дорогою імпортною сировиною, а виробництво деревної целюлози досягло критичного рівня.

Одним з нестандартних джерел сировини є морська трава. Вона є відновлювальним ресурсом, не потребує великих площ для вирощування, росте у великих кількостях, не конкурує з продовольчими культурами і має достатню кількість целюлози, яка є основою для виробництва нітроцелюлози. Використання морської трави у хімічній промисловості для виробництва нітроцелюлози є актуальним напрямом досліджень у зв'язку з поглибленням проблем екологічного забруднення та пошуку альтернативних, екологічно чистих джерел сировини.

Умови війни потребують підвищення обороноздатності України, але відсутність боєприпасів та власного виробництва зброї ускладнює ситуацію. Власне виробництво боєприпасів, зокрема пороху, може значно підвищити потенціал армії.

Метою данного дослідження було оцінити потенціал використання берегових покладів морської трави *Zostera marina* у якості альтернативної сировини для отримання нітроцелюлози. Це може значно здешевити процеси виробництва нітроцелюлози з подальшим її використанням як енергетичної основи нітроцелюлозних порохів, ракетних палив, компоненту лакофарбової продукції, для виготовлення оптичних прозорих плівок, біологічних індикаторів, напівпроникних мембран, селективних сорбентів, нітролаків спеціального призначення.

Камка - *Zostera marina* - зростає на мілководді по узбережжю Більшості країн світу. Вона щороку виноситься на берег хвилями і у великій кількості скупчується щільним шаром на береговій лінії. За результатами аналізу внутрішньої структури волокон морської трави в роботі [1] вони складаються з ~57% целюлози, ~38% нецелюлозних полісахаридів (переважно ксилан) і ~5 % залишкової речовини.

Зважаючи на вище перераховані особливості особливу увагу привертає можливість використання берегових покладів *Zostera marina* для отримання целюлози та продуктів її хімічної переробки, зокрема нітроцелюлози.

В теперішній час у якості альтернативної сировини для отримання похідних целюлози розглядалися рисової лушпайки, багас, бавовна, джут, пенька, льон, бамбук, сизаль, манільська пенька, солома, стержні кукурудзяного качана, кокосові нитки, водорості, мікробні матеріали, та їхні суміші [2].

В попередніх дослідженнях [3] було розроблено технологію отримання паперових виробів з використанням у якості сировини покладів морської трави. Ця технологія була запатентована [4]. Враховуючи сучасний стан хімічної та оборонної промисловості, зокрема дефіцит сировини для виробництва безпосередньо целюлози та її похідних, на базі Шосткинського інституту органо-сольвентним методом було отримано зразки целюлозної сировини з метою її подальшої хімічної переробки [5]. За результатами хімічного аналізу вмість α -целюлози в отриманих зразках склав близько 75%. Зразки целюлози з морської трави були оброблені нітруючою сумішшю за однією з методик отримання нітратів целюлози [6].

Нітрування проводиться потрійною сумішшю: нітратна кислота - сульфатна кислота – вода. Процес нітрування - зворотний, тому, чим менше води у суміші, тим повніше і швидше іде реакція. Якщо вміст води більше 25%, реакція не йде зовсім. Для зв'язування води використовується сульфатна кислота. Підвищення кількості сульфатної кислоти знижує і в'язкість нітратів, особливо з підвищенням температури процесу. Концентрація нітратної та сульфатної кислоти для приготування нітруючої суміші складала 65 та 90 % відповідно. Нітрування відбувалося у витяжній шафі протягом 60 хв за температури 20 °C з подальшою стабілізацією 1%-им розчином соди гідрокарбонату натрію протягом 10-15 хвилин [7].

Визначення вмісту нітрогену в нітроцелюлозі проводили шляхом омилення нітратів целюлози концентрованою сульфатною кислотою і відновлення нітратної кислоти, яка утворилася, розчином сульфату заліза (II) до окису нітрогену, яка з надлишком останнього утворює комплексну сполуку $\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4$, забарвлюючи розчин у жовто-рожевий колір [2]. За результатами хімічного аналізу вміст нітрогену склав 11,95 %.

Отримані зразки целюлози та нітроцелюлози досліджувалися з використанням методом інфрачервоної спектроскопії Фур'є. Паралельно було отримано ІЧ-спектр колоксиліну (рис. 1).

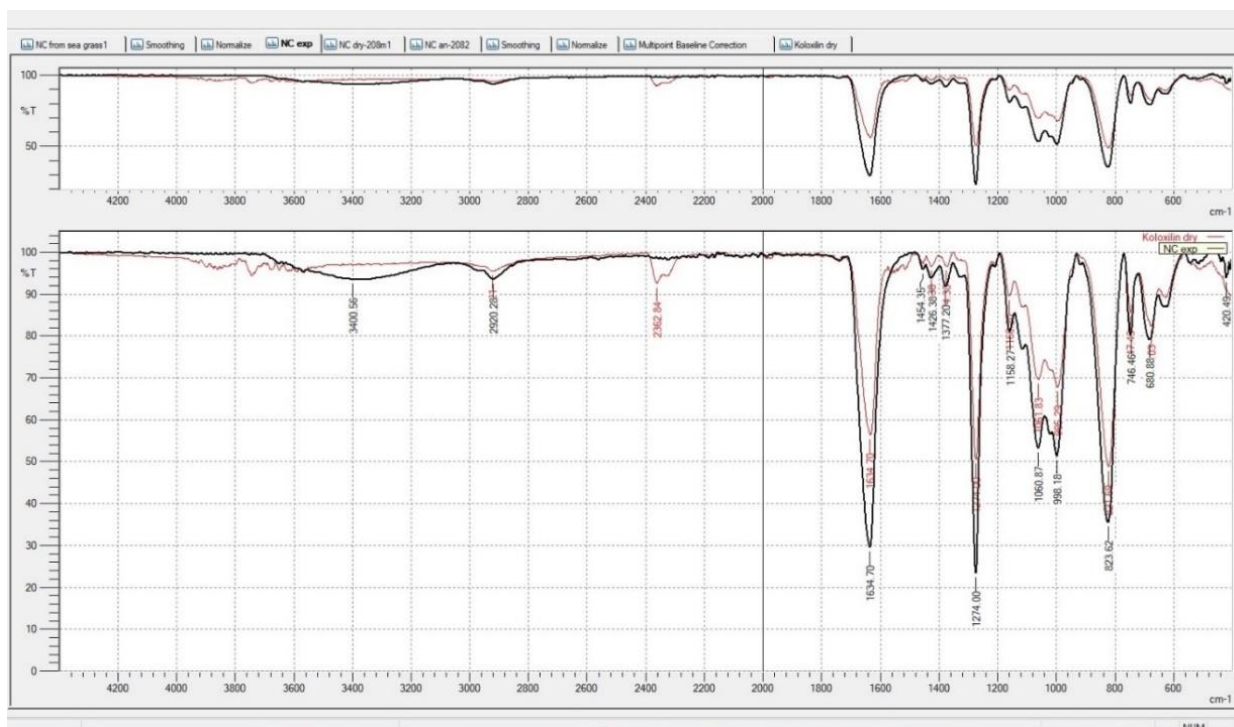


Рис. 1. ІЧ спектр нітроцелюлози з морської трави *Zostera Marina* (чорна лінія), ІЧ спектр колоксиліну (червона лінія)

В результаті порівняння спектрів целюлози з морської трави та бавовняної целюлози виявлено наявність функціональних груп (характеристичні частоти $3570\text{--}3125\text{ cm}^{-1}$, $2940\text{--}2860\text{ cm}^{-1}$, 1650 cm^{-1} , 1430 cm^{-1} , 1370 cm^{-1} , 1340 cm^{-1} , 1160 cm^{-1} , 1110 cm^{-1} , 1060 cm^{-1} відповідно), характерних для целюлози як у дослідного зразку, так і у бавовняної целюлози. Порівняння отриманих спектрів зразку нітроцелюлози зі спектром штатного колоксиліну Н показує збіг основних характеристичних частот: $1660\text{--}1630$, $1280\text{--}1270$, $823\text{--}817$, $745\text{--}738$, $689\text{--}680\text{ cm}^{-1}$, що відповідають за коливання нітрогруп.

Додатково зразки нітроцелюлози були досліджені методом термогравіметричного аналізу (рис. 2).

На термограмі можна спостерігати екзотермічний ефект пов'язаний з активною втратою маси за температури $\sim 165^\circ\text{C}$, що відповідає температурі спалаху піроксиліну та свідчить про високий відсоток вмісту нітрогену у зразку.

Отже, отримані дані підтверджують потенціал морської трави *Zostera Marina* як альтернативного джерела сировини для хімічної промисловості.

Висота піків ІЧ спектрів та екзотермічний ефект на термограмі свідчать про достатньо високий вміст нітрогену у зразках нітроцелюлози. Однак за результатами хімічного аналізу

вмість α -целюлози в отриманих зразках целюлози є недостатнім для одержання високоякісного продукту. Тож технологія потребує подальшого вдосконалення.

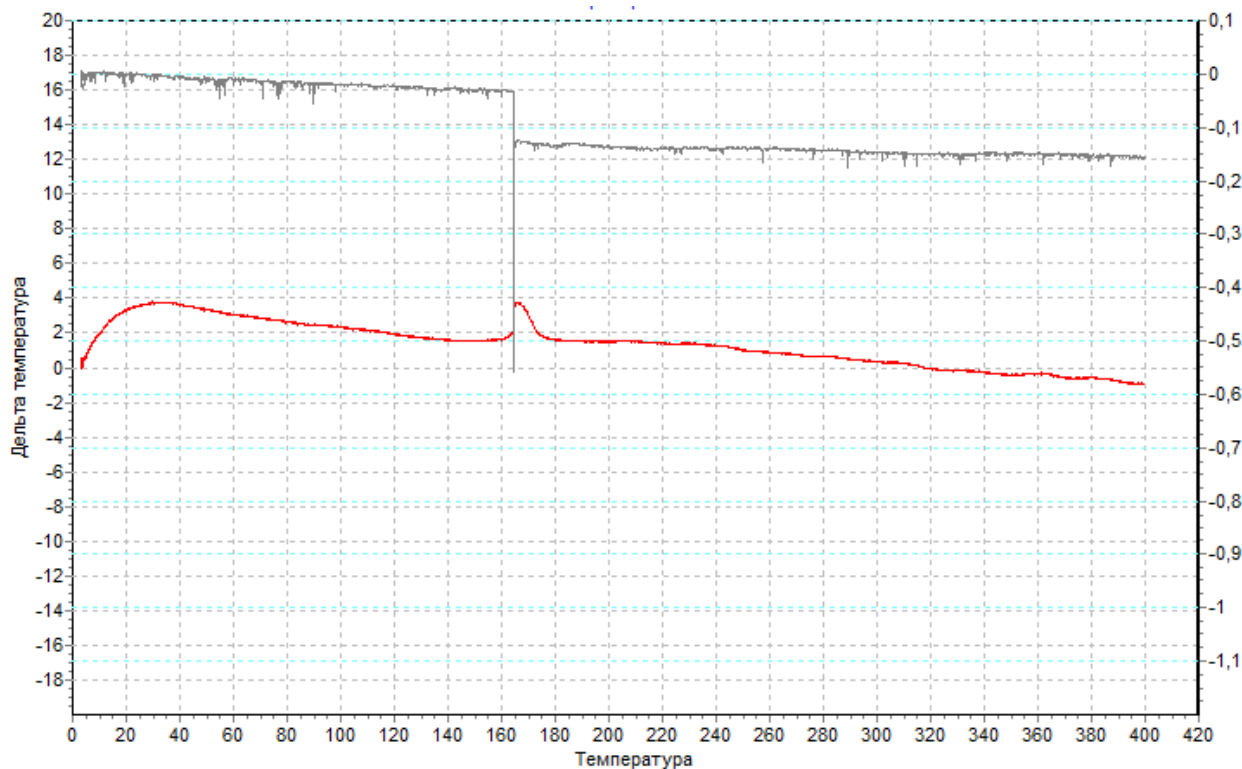


Рис. 2. Термограма нітроцелюлози з морської трави *Zostera Marina*

Можливі подальші дослідження у цьому напрямку спрямовані на встановлення оптимальних параметрів процесів переробки морської трави на нітрати целюлоз задля отримання продукції високої якості. Результатом роботи може стати розробка нової технології отримання необхідних у воєнний час нітратів целюлози, що одночасно сприятиме зменшенню екологічного навантаження на узбережжя морів від накопичених покладів морської трави.

Література

1. Davies, P., Morvan, C., Sire, O., and Baley, C. (2007). Structure and properties of fibres from sea-grass (*Zostera marina*). *J. Mater. Sci.* 42, 4850–4857. doi: 10.1007/s10853-006-0546-1
2. Барбаш В.А., Дейкун І.М. Хімія рослинних полімерів/. Навчальний посібник. За редакцією В.А. Барбаша. - Київ: «Каравела», 2018.- 440 с.
3. Лобунець Д.С. Дослідження можливості використання камки *zostera marina* у якості альтернативної сировини целюлозно- паперової промисловості / Д.С. Лобунець, С.В. Артемцева, М.Ю. Мечик, О.В. Павленко / Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (20 - 21 травня 2021 р., м. Київ) / Укладач Д. Е. Бенатов. — К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021 11.
4. Патент на корисну модель № 153957 Спосіб виготовлення паперу з морської трави 27.09.2023, бюл. № 39
5. Щигот В.Т. Дослідження можливості отримання целюлози з морської трави / В.Т. Щигот, О.О. Крутова-Онїкєєнко, К.О. Малишок, / Освіта, наука та виробництво: розвиток і

перспективи: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 25 квітня 2024 р. – Суми: СумДУ – С. 28-29.

6. Курта С.А. Хімія і технологія високомолекулярних сполук. Навчальний посібник. С.А. Курта, В.С. Курганський – ІваноФранківськ: Видавництво «Плай» ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 291 с.

7. Технологія виробництва етерів та естерів целюлози. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» / І. М. Дейкун, І. В. Трембус, Р.І. Черьопкіна; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 0,20 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 52 с.

8. Інструментальні методи хімічного аналізу [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.М. Спасьонова, В.Ю. Тобілко, І.В. Пилипенко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,85 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 69 с.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING NITROCELLULOSE FROM SEAGRASS

Kira MALISHOK

Shostka Institute of Sumy State University, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0009-3433-0212>

Oksana PAVLENKO

Shostka Institute of Sumy State University, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0005-5568-2832>

Varvara SHCHYGOT

Shostka Specialized School of I-III Degrees No. 1, Ukraine

Olga KRUTOVA-ONYKYENKO

Shostka Specialized School of I-III Degrees No. 1, Ukraine

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304847>

Keywords: *sea grass, Zostera Marin, cellulose, organo-solvent method, nitrocellulose.*

Abstract

The research is dedicated to exploring the possibility of utilizing coastal deposits of sea grass *Zostera Marina* for obtaining a relevant energy-rich material - nitrocellulose. The literature search was conducted on the topic of using unconventional plant raw materials in nitrocellulose production. The organo-solvent method was chosen for cellulose extraction from sea grass, which has minimal environmental impact during its use. Washed samples of dry sea grass deposits from the coast of the Karkinitzka Bay were used as raw material. Cellulose was obtained using the selected method and analyzed for the content of α -cellulose, which amounted to 75%. Nitration of cellulose was carried out in laboratory conditions using a triple nitrating mixture. The obtained samples of nitrocellulose were analyzed using chemical and instrumental methods. The nitrogen content in the samples was 11.95%. The results of the study have demonstrated the possibility of using coastal deposits of sea grass *Zostera Marina* as an alternative raw material for nitrocellulose production. This will contribute to the cleaning of the coastline from accumulated sea grass deposits and, at the same time, create a source of alternative raw materials for obtaining nitrocellulose, which is an important component of explosives needed during wartime.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305114>

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СХЕМ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ

Вікторія МАСЛЮК, Ярослав РАДОВЕНЧИК

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, Київ, 03056, Україна

e-mail: 28belka09@gmail.com

Розглянуто основні сучасні методи підготовки питної води. Встановлено, що існуючі схеми підготовки, які наразі використовуються в Україні відповідають вимогами, які використовувались десятки років назад. З розвитком технологій та збільшенням забруднень навколишнього середовища вимоги щодо очистки питної води суттєво змінились, що вимагає новітніх технологічних підходів до створення водоочисних споруд. Схеми водопідготовки повинні краще очищати та знезаражувати воду для потреб населення країни. За результатами проведеного аналізу запропоновані напрямки щодо модернізації існуючих на сьогодні систем підготовки води для централізованого постачання.

Ключові слова: *питна вода, очищення, озонування, мембранні методи, ультрафіолет.*

Постановка проблеми. Якість питної води в Україні потребує покращення. Застарілі технології очищення не справляються з зростаючим рівнем забруднення води, що призводить до підвищення ризиків для здоров'я людей. Для вирішення цієї проблеми необхідно дослідити сучасні методи очищення води та запропонувати комплекс заходів з модернізації технологічних схем, що використовуються на комунальних станціях водо підготовки. Впровадження нових технологій дозволить отримати безпечну та якісну питну воду, що є ключовим фактором для здоров'я населення та екологічної безпеки країни.

За даними статистики за 2021 рік [1], вода, яка подавалась населенню України, була знезаражена на 100% лише у Закарпатській, Івано-Франківській, Одеській, Львівській та Чернівецькій областях, а також у м. Києві. Знезараження води на станціях водопідготовки з ефективністю від 91,5% до 99% відбувалось лише у сімох областях, з ефективністю знезараження від 59,7% до 89,3% - у п'яти областях, з ефективністю від 59,8% до 63,5% - у трьох областях. Також відомо, що без знезараження питна вода подавалась населенню Чернігівської та Сумської областей. Ця статистика показує, що технологічні схеми очищення та підготовки питної води для населення, які наразі використовуються в Україні, вже не є актуальними та потребують модернізації задля покращення результатів очищення води та можливості подавати населенню питну воду, що відповідає встановленим нормативам [2].

Мета роботи полягає у дослідженні сучасних методів підготовки питної води та вивчення варіантів нових схем, які можуть бути впроваджені задля покращення якості питної води в Україні. У зв'язку з розвитком багатьох виробничих галузей збільшується використання води для промисловості. Якщо на підприємстві не використовують замкнуту систему водокористування, то після використання її скидають назад у водойму, звідки вода може далі потрапити до водозабірних споруд певної станції підготовки питної води. Тому, з роками, ступінь забруднення води збільшується, що вимагає від підприємств, що постачають питну

воду для населення, покращення ефективності видалення домішок і забруднень з вод поверхневих джерел.

Класична технологічна схема підготовки питної води включає в себе коагулювання, флокулювання, відстоювання, фільтрацію та знезараження води [3]. Цю схему (рис. 1) ще називають реагентною, оскільки для видалення з води домішок використовують реагенти (коагулянти та флокулянти).

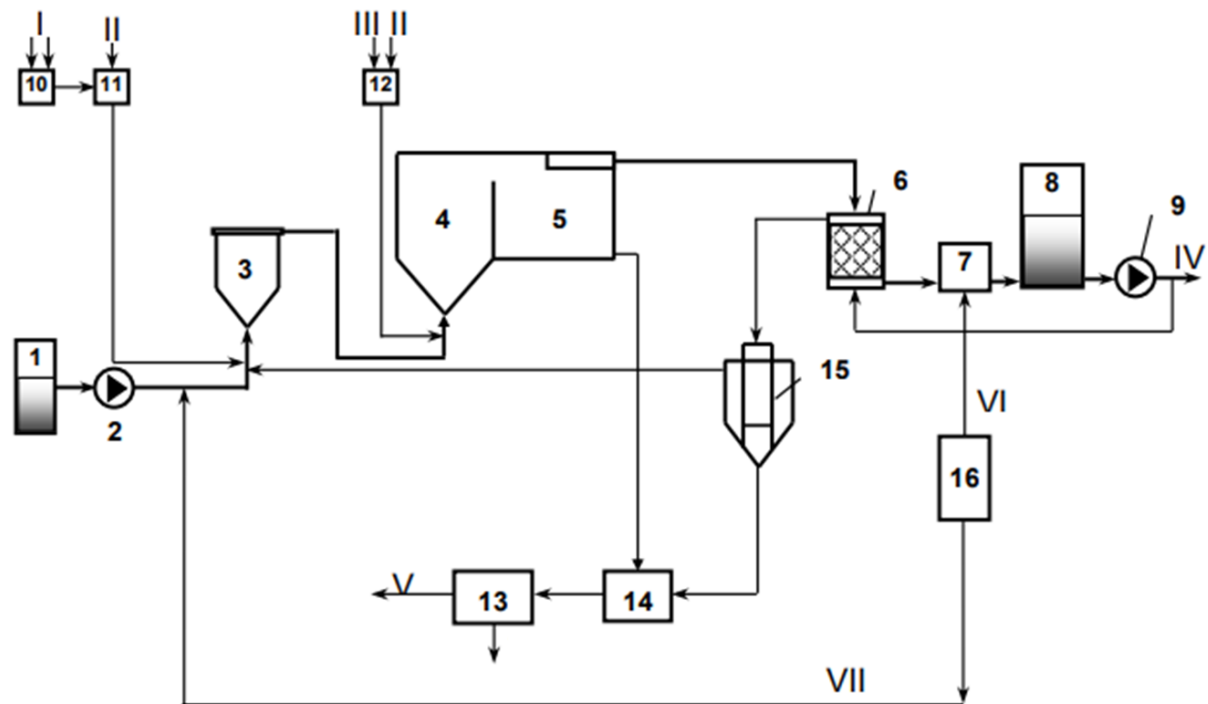


Рис. 1. Технологічна схема підготовки питної води:

1 – водозабірні споруди; 2 – насосна станція I-го підйому; 3 – змішувач; 4 – камера пластівцеутворення; 5 – відстійник; 6 – блок фільтрів; 7 – контактний резервуар; 8 – резервуар освітленої води; 9 – насосна станція II-го підйому; 10 – розчинний бак коагулянту; 11 – витратний бак коагулянту; 12 – витратний бак флокулянту; 13 – установка по ущільненню осаду; 14 – шламосховище; 15 – відстійник-усереднювач промивних вод; 16 – хлораторна установка, I – подача коагулянту; II – подача води на розведення реагентів; III – подача флокулянту; IV – подача води до споживача; V – транспортування зневодненого шламу на захоронення; VI – друга стадія хлорування; VII – перша стадія хлорування

На стадії знезараження зазвичай використовують хімікати, такі як гіпохлорит натрію чи діоксид хлору. При високій знезаражувальній дії, хлорвмісні сполуки мають суттєвий недолік – здатність до утворення токсичних хлорорганічних сполук. Також, деякі форми сполук хлору є небезпечними для використання, оскільки хлор – летка речовина та досить отруйна, що робить її використання загрозою для працівників водоочисних станцій а також для жителів населених пунктів, які знаходяться поряд зі станцією водо підготовки. Саме тому на сучасних водоочисних станціях все частіше використовують озонування як метод знезараження води.

Озонування наразі є одним із найперспективніших методів знезараження води - за своєю ефективністю знешкодження одноклітинних паразитів майже у 80 разів ефективніше за хлорвмісні сполуки. Також однією із властивостей озону є його швидка розчинність у воді – таким чином, вже через 20-30 хвилин після озонування, очищену воду можна використовувати у побутових цілях. Перевагою озонування є те, що після обробки покращуються не тільки

фізико-хімічні показники якості вода, а і органолептичні – покращується води, знижується каламутність та забарвленість, і при цьому у воді відсутній запах хлору, як це зазвичай буває після хлорування.

Ще одним перспективним методом знезараження природних, стічних і промислових вод є технологія з використанням ультрафіолетового випромінювання [4]. Ця технологія динамічно розвивається в останні десятиліття, значно випереджаючи інші методи знезараження води. Опромінення води ультрафіолетом сприяє ефективному знищенню всіх бактерій, вірусів, та інших органічних домішок, що містяться у воді.

На сьогодні одним із найперспективніших методів очищення та підготовки води є використання тонкошарових багатоярусних відстійників. Ці пристрої значно прискорюють осідання завислих речовин у воді завдяки розподіленню зони відстоювання на декілька шарів. Принцип роботи таких відстійників досить простий: пластини, які є основними елементами конструкції, з'єднані в модулі з тонким шаром. Вода рухається горизонтально під блоками, піднімається та проходить через тонкошарові модулі. Осідання відбувається між пластинами, розташованими під кутом 45-60°. На час осідання впливає те, що між пластинами потік води значно менш турбулентний.

Також серед сучасних методів підготовки води можна виділити також мембранні методи очистки води – нанофільтрація, мікрофільтрація, ультрафільтрація та зворотній осмос [5].

Таблиця 1 – Типи технологій та установок для очищення, опріснення та знезараження води

Механічні методи	Фізико-хімічні методи	Сорбційні методи	Мембранні методи	Інші методи	Методи знезараження води
Фільтрування через зернисті шари (пісок, кварц, скло, вуглецеві та металічні порошки)	Коагуляція	Сорбція на природних сорбентах (цеоліти, глини)	Мікрофільтрування	Електрохімічна	УФ-опромінення
Фільтрування через волокнисті нетканинні і тканинні матеріали	Флокуляція	Сорбція на активованому вугіллі	Ультрафільтрування	Магніто-енергетична	Озонування
Фільтрування через пористі неорганічні матеріали	Флотация	Сорбція на іонообмінних смолах	Нанофільтрування		Хлорування
			Зворотний осмос		Бактерицидні полімери
			Електродіаліз		
			Мембранна дистиляція		
			Первапорация		

Нанофільтрацію зазвичай не використовують як повноцінний метод очищення або підготовки води, оскільки цей метод має обмежене використання. Частіше за все в схемах використовують одночасно нанофільтрацію, зворотній осмос та ультрафіолетове опромінення, що робить оброблену воду придатною до споживання, а також вода набуває високої якості (рис. 2). Але дана схема має кілька суттєвих недоліків – вартість мембранних елементів досить висока та вода після очищення зворотнім осмосом потребує додаткового корегування солевмісту.

Висновки. Класична схема підготовки питної води має ряд недоліків, не відповідає сучасним вимогам до якості води для споживання населенням, що створює серйозні ризики

для здоров'я. Сучасні методи є більш ефективними і безпечними. Вони забезпечують високу якість очищеної води. Для покращення якості питної води не потрібно будувати нові станції водо підготовки, а достатньо вводити до старих технологічних схем нові технологічні процеси, які є ефективними при очищенні води не тільки від завислих речовин та мікроорганізмів, а і від ферментів та інших низькомолекулярних сполук. Поєднання традиційних і сучасних технологій дозволяє отримати безпечну і якісну питну воду, яка є ключовою для здоров'я населення та екологічної безпеки держави. Оскільки вода є одним з найцінніших ресурсів для людини, потрібно піклуватись про те, щоб водопровідна вода, яка потрапляє до споживачів, була належної якості, оскільки недостатньо очищена вода може бути джерелом інфекційних захворювань, збудників різних хвороб та провокувати навіть онкологічні захворювання.



Рис. 2. Схема очищення води з використанням мембранних методів

Література

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2021 році, ДП «НДКТИ МГ», м. Київ, 2022, 326 с.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».
3. Гомеля М.Д. Очисні споруди. Основи проектування: Навч. Посіб./М. Д. Гомеля, Т.В. Крисенко, І.М. Дейкун. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 176 с.
4. Семенов А.О., Попов С.В., Сахно Т.В., Тарасенко Д.С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: ПП «Астроя», 2023. 190 с.
5. Брик М. Питна вода і мембранні технології (огляд) / М. Брик // Наукові записки НаУКМА. - 2000. - Т. 18: Хімічні науки. - с. 4-25.

MODERN APPROACHES TO DRINKING WATER PREPARATION SCHEMES
FOR THE POPULATION

Viktorii MASLIUK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0001-6378-6798>

Iaroslav RADOVENCHYK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0101-0273>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305114>

Keywords: *drinking water, purification, ozonation, membrane methods, ultraviolet.*

Abstract

The main modern methods of drinking water purification were examined. It was established that the existing water purification schemes which are currently used in Ukraine can't provide quality drinking water. The technologies development and environmental pollution increasing, the requirements for drinking water purification processes have changed significantly, which requires the latest technological approaches to creation of water treatment facilities. Water treatment schemes should better purify and disinfect drinking water. Based on results of the analysis, main directions for the modernization of the existing water purification systems for centralized supply are proposed.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.306206>

TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR THE SEPARATION OF MULTILAYER COMPOSITES

Gytis MILIAUSKAS¹, Gintaras DENAFAS²

¹ UAB “Ipsas ir Ko”

Kęstučio st. 1G, Lentvaris, Lithuania.

² Kaunas University of Technology

Radvilėnų av. 19, 50254 Kaunas, Lithuania

e-mail: Gytis.mil@gmail.com

Abstract

Waste Printed Circuit Boards (WPCBs) are integral components of virtually all electrical and electronic equipment (EEE), forming the structural backbone of the electronics industry. Classified into single-sided, double-sided, multilayer, rigid, and flexible boards, WPCBs are composed of various electronic components including semiconductors, transistors, and capacitors, which complicates their recycling due to diverse material compositions. Approximately 40% of PCB mass is metallic, 30% plastic, and 30% organic material, with metals predominantly constituted by copper. The recycling process involves multiple stages, including shredding and separation to extract valuable metals and electronic components. Shredding, employing technologies like hammer mills, is critical for effective metal recovery. Advanced methods, such as infrared heater-based automatic removal systems, have been developed for efficient electronic component separation, ensuring minimal environmental impact.

Mechanical and physical processing techniques focus on the extraction of valuable metals like gold, silver, palladium, and copper while recognizing the potential of the non-metallic fraction. Chemical processing using inorganic acids, such as nitric and sulfuric acid, along with oxidative leaching agents, has proven effective for metal recovery. Innovative methods, including the use of aqua regia for gold leaching, have demonstrated high recovery rates. This comprehensive approach to WPCB recycling underscores the importance of integrating mechanical, physical, and chemical processes to achieve sustainable, efficient, and environmentally friendly recycling outcomes.

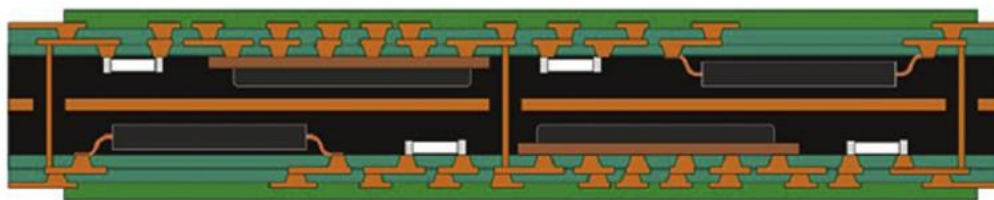
Keywords: recycling, WPCB, mechanical treatment, chemical treatment, circular economy.

General characteristics of WPCB

WPCBs (Waste Printed Circuit Boards) are found in virtually all electrical and electronic equipment (EEE), forming the backbone of the electronics industry. Printed circuit boards can be classified in various ways based on their different characteristics: single-sided, double-sided, multilayer, rigid, and flexible boards [1].

Electronic components form the circuit structure (Picture 1); these are the components that are part of any interconnected electrical or electronic circuit. The electronic components on the board depend on its application, which may include semiconductors (integrated circuit chips), transistors, diodes, capacitors, resistors, connectors, etc. [2]. Various configurations of integrated circuits are possible; changing the encapsulation mode alters their assembly. Different components have different

material compositions, which complicates WPCB recycling [2]. Approximately 40% of the PCB mass is composed of metals, 30% plastics, and 30% organic material [4].



Picture 1. EC structure. (source: Marques et al., 2013)

The composition of WPCBs, excluding electronic mounting component materials, is about 28% by mass metal (mostly copper) and 72% by mass non-metallic materials [10]. There is an acceptable degree of imperfection in specific characteristics of printed circuit boards that can be determined based on the intended final use. For this reason, three general classes have been established based on functional reliability and performance:

Class 1: General electronic products such as computers and peripherals.

Class 2: Electronic products intended for servicing, such as mobile phones.

Class 3: High-reliability electronic products, including equipment and products where continuous operation or operation on demand is critical.

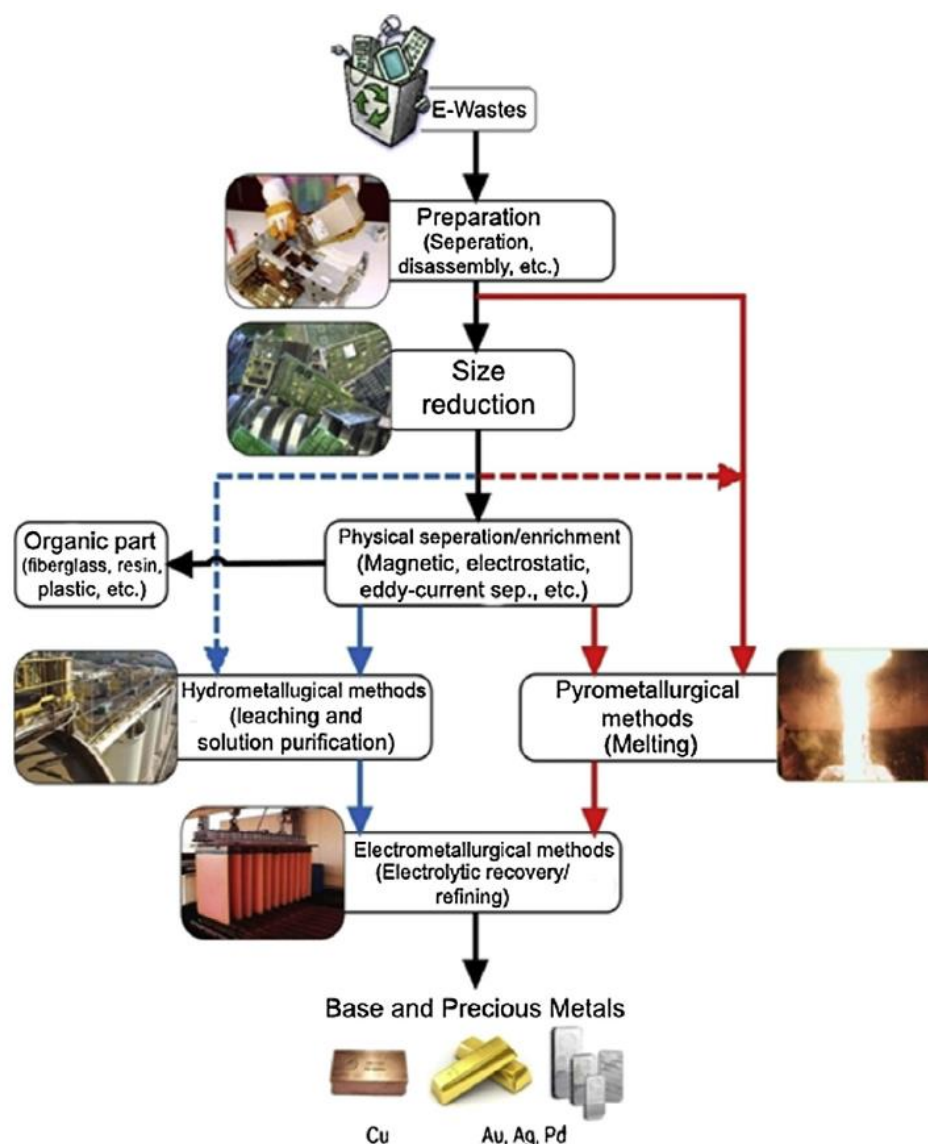
Primary WPCB Processing

The recycling process of waste printed circuit boards (WPCBs) involves several stages (Picture 2), including shredding and separation, to extract valuable metals and electronic components (EC) from the baseboards and substrates. These steps are crucial for achieving efficient recycling and environmental sustainability.

Shredding is a critical step in removing metals from the baseboards of PCB waste. The choice of shredding technology impacts both the energy consumption of the equipment and the efficiency of selective metal recovery. WPCBs consist of resin and metal parts, such as copper wires and connectors, which are hard and resistant. A hammer mill, which applies shear force, is suitable for shredding PCB waste. A two-stage shredding method is employed to achieve optimal fragmentation. A high-speed cutting machine is used as a rough crusher, where the rotor and stator cutters generate a cutting action to break down PCB boards into small pieces. Subsequently, a specially designed hammer mill with high-speed hammer heads is used to scrape and mill the materials. This shredding process ensures the removal of metals from the baseboards and reduces wire wrapping around tool tips [9]. The hammer mill screen hole diameter was 1 mm to achieve a high level of metal removal. The parameters of the cutting machine were: circular speed diameter of 1440 rpm and rotor radius of 0.25 m, while the hammer mill crusher parameters were: circular speed diameter of 2000 rpm and rotor radius of 0.2 m [9].

Beyond shredding, the removal of EC from PCB substrates is a vital stage in the recycling process. Traditional methods such as thermal melting and manual separations are used, but they are not suitable for large-scale recycling and cause environmental pollution. To address this, researchers have developed innovative methods. For instance, an automatic removal production line, heated using an infrared heater, achieves a high EC separation efficiency of 94% [12]. In this process, WPCBs are fed into a separation module, and the solders are heated to melting temperature using an infrared heater. Then, rotating steel brush rods are used to remove the EC from the WPCBs. Another method involves using a mill, but its separation efficiency is about 75% [8]. An environmentally friendly and automatic EC separation system has been developed, using electric heating pipes (EHPS) custom-

made for an EC automatic disassembly machine (ECs-ADM). This system also includes exhaust gas purification equipment, allowing for zero pollutant emissions. It has been shown that heating solders with an infrared heater increases separation efficiency but also produces toxic substances, thus necessitating the use of exhaust gas purification equipment for safety. The use of heat for EC disassembly has been proven to be more effective compared to mechanical methods, while also ensuring safety [15].



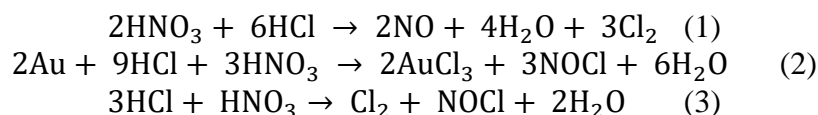
Picture 2. E-waste recycling flowchart using various methods (source: Akcil et al., 2015 [1])

Chemical Processing

Nowadays, significant attention is given to efforts to extract valuable metals (gold, silver, palladium, and copper) from waste printed circuit boards (PCBs). Various extraction processes, such as leaching, mechanical processing, and hydrometallurgical methods, have been studied for metal recovery [6]. There are also many review articles focusing on metal recovery and reuse [5]. While the emphasis is on metal recovery, the non-metallic fraction (NMF) constitutes about 70% of the total

weight of PCB waste. Recognizing the value-added potential of the NMF, recent separation technologies have begun to consider this significant portion in their designs and operations [3].

Chemical Processing Numerous alternative solvents, including inorganic acids/oxidizing reactive systems, have been extensively studied in the investigation of metal leaching from E-waste. Examining the use of various inorganic acids and oxidants for metal recovery, it was found that nitrate and chloride solutions ensure the highest recovery of copper (Cu) and gold (Au). A pyrolysis stage before leaching is also recommended to enhance metal regeneration [13]. An accelerated leaching of gold from computer circuit boards was observed, using a combination of nitric acid (HNO₃) and hydrochloric acid (HCl) as a leaching solution [14]. Gold leaching in the studies is carried out in three stages. Initially, nitric acid leaching was performed on separate computer chips from PCBs, carefully examining the acid concentration, temperature, fiber density, and leaching time. Later, computer chips and granulated epoxy resins are mechanically crushed and rinsed using optimal parameters. The remaining computer chips obtained after the second leaching stage are processed in the third stage with aqua regia to recover gold and silver [14]. Chemical reactions of gold leaching using Aqua Regia are described in equations (1) - (3):

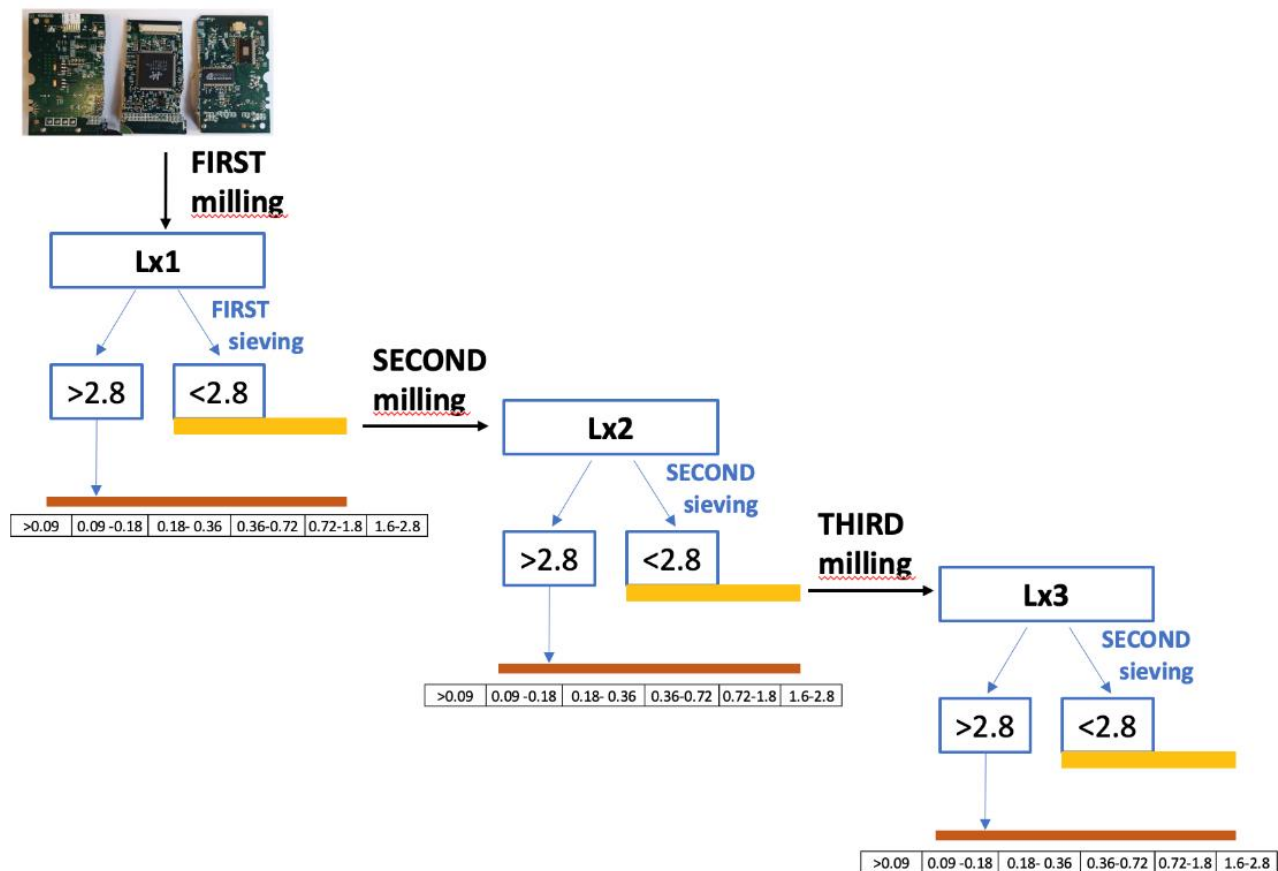


One of the processes of precious metal recovery from electronic waste containing plastic involves burning E-waste at 400-500 °C for 8-12 hours, followed by washing with hydrochloric acid (HCl) and sulfuric acid (H₂SO₄) at 90 °C to extract the metal. The washing mass is then separated by liquid/solid particle separation and analyzed. The amount of silver in the obtained semi-solid ratios is dissolved in diluted nitric acid (HNO₃) at 60 °C, and the amount of gold and palladium is extracted using HCl and NaClO₃, thus the recovery of precious metals reaches 92% [16]. Kinoshita et al. [7] investigated the dissolution of copper (Cu) and nickel (Ni) from waste circuit boards using nitric acid (HNO₃), with regeneration exceeding 90%. They purified the solution by the solvent extraction method. Although nitric acid exhibited oxidative properties that facilitated the recovery of metals soluble in a nitrate medium, such as copper (Cu) and silver (Ag), it is considered an expensive process compared to other acids. On the other hand, sulfuric acid (H₂SO₄) is considered a more economical alternative, especially when used in conjunction with additive reagents such as hydrogen peroxide (H₂O₂), oxygen (O₂), and iron ions (Fe³⁺). Birloaga et al., (2014) investigated two chemical leaching systems for the recovery of non-precious and precious metals from waste printed circuit boards (WPCB). Sulfuric acid (H₂SO₄) with hydrogen peroxide (H₂O₂) was used for the first group of metals, and thiourea (CS(NH₂)₂) with iron ions (Fe³⁺) in a sulfuric acid medium for the second group. The effect of hydrogen peroxide volume on sulfuric acid concentration and temperature was evaluated in the oxidative leaching process. The selected optimal conditions for copper (Cu) extraction were 2M H₂SO₄ (98% m / t), 5% H₂O₂, 25 °C, 1/10 (S / L) ratio and 200 rpm. Thiourea acid leaching was performed with solid filtrate obtained after three oxidative leaching stages, using 20 g/L CS(NH₂)₂, 6 g/L Fe³⁺ and 0.5 M H₂SO₄. The resulting solution contained 40 g/l of zinc (Zn), representing 95% of the metal, with impurities consisting of aluminum (Al) (4%) and small amounts of iron (Fe), nickel (Ni) and tin (Sn). The resulting cement contained mostly copper (Cu), with a purity of about 87%.

Scope of application and implementation:

1. wPCB preparation and separation for size reduction (milling) for different types of wPCBs.
2. wPCB content analysis in different fractions.
3. Optimization of wPCB size for chemical treatment.

4. Chemical processing optimization.



Picture 3. wPCB preparation and size reduction by milling

Conclusions:

Waste printed circuit boards (WPCBs) are an integral part of electronic and electrical equipment, characterized by a diverse range of materials and components. The recycling process of WPCBs involves several critical stages, from shredding to the chemical extraction of valuable metals. The composition of WPCBs poses both challenges and opportunities for recycling efforts. Effective shredding and separation techniques are essential for the efficient recovery of metals and electronic components, with advanced methods such as infrared heating and environmentally friendly disassembly systems enhancing the process.

Chemical processing plays a crucial role in recovering precious metals from WPCBs. Various leaching processes, involving inorganic acids and oxidizing agents, have demonstrated significant efficacy in metal recovery.

The ongoing development and implementation of efficient recycling technologies highlight the potential for significant advancements in the management of electronic waste. By optimizing processes such as size reduction, chemical treatment, and separation, the recycling industry can effectively address the environmental and economic challenges posed by WPCBs. This comprehensive approach not only mitigates the environmental impact of electronic waste but also maximizes the recovery of valuable resources, fostering a more sustainable future for the electronics industry.

References

1. Akcil, A., Erust, C., Gahan, C. S., Ozgun, M., Sahin, M., & Tuncuk, A. (2015). Precious metal recovery from waste printed circuit boards using cyanide and non-cyanide lixivants—a review. *Waste management*, 45, 258–271.
2. Barbardes, A., Bohlinger, I., Rodriguez, D., Milbrandt, H., & Wuth, W. (1997). Recycling of printed circuit boards by melting with oxidising/reducing top blowing process. *EPD Congress 1997*, 363–375.
3. Cui, J., & Forssberg, E. (2003). Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. *Journal of hazardous materials*, 99(3), 243–263.
4. He, W., Li, G., Ma, X., Wang, H., Huang, J., Xu, M., & Huang, C. (2006). WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China. *Journal of hazardous materials*, 136(3), 502–512.
5. Huang, K., Guo, J., & Xu, Z. (2009). Recycling of waste printed circuit boards: A review of current technologies and treatment status in China. *Journal of hazardous materials*, 164(2–3), 399–408.
6. Yang, J., Wu, Y., & Li, J. (2012). Recovery of ultrafine copper particles from metal components of waste printed circuit boards. *Hydrometallurgy*, 121, 1–6.
7. Kinoshita, T., Akita, S., Kobayashi, N., Nii, S., Kawaizumi, F., & Takahashi, K. (2003). Metal recovery from non-mounted printed wiring boards via hydrometallurgical processing. *Hydrometallurgy*, 69(1–3), 73–79.
8. Lee, J., Kim, Y., & Lee, J. (2012). Disassembly and physical separation of electric/electronic components layered in printed circuit boards (PCB). *Journal of hazardous materials*, 241, 387–394.
9. Li, J., Lu, H., Guo, J., Xu, Z., & Zhou, Y. (2007). Recycle technology for recovering resources and products from waste printed circuit boards. *Environmental science & technology*, 41(6), 1995–2000.
10. Li, J., Shrivastava, P., Gao, Z., & Zhang, H.-C. (2004). Printed circuit board recycling: a state-of-the-art survey. *IEEE transactions on electronics packaging manufacturing*, 27(1), 33–42.
11. Nakahara, H., & Coombs, C. F. (2001). Types of printed wiring boards. *Printed Circuits Handbook*, 115–128.
12. Park, S., Kim, S., Han, Y., & Park, J. (2015). Apparatus for electronic component disassembly from printed circuit board assembly in e-wastes. *International Journal of Mineral Processing*, 144, 11–15.
13. Quinet, P., Proost, J., & Van Lierde, A. (2005). Recovery of precious metals from electronic scrap by hydrometallurgical processing routes. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 22, 17–22.
14. Sheng, P. P., & Etsell, T. H. (2007). Recovery of gold from computer circuit board scrap using aqua regia. *Waste management & research*, 25(4), 380–383.
15. Wang, J., Guo, J., & Xu, Z. (2016). An environmentally friendly technology of disassembling electronic components from waste printed circuit boards. *Waste management*, 53, 218–224.
16. Zhou, P., Zheng, Z., & Tie, J. (2005). Technological process for extracting gold, silver and palladium from electronic industry waste. *Chinese Patent, CN1603432A (C22B 11/00)*.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗДІЛЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ КОМПОЗИТИВ

Гітис МІЛЯУСКАС

UAB "Ipsas ir Ko", Литва

<https://orcid.org/0009-0009-5382-5253>

Гінтарас ДЕНАФАС

Каунаський технічний університет, Литва

<https://orcid.org/0000-0002-6834-1026>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.306206>

Ключові слова: *переробка, WPCB, механічна обробка, хімічна обробка, економіка замкнених циклів.*

Анотація

Відпрацьовані друковані плати (WPCB) є невід'ємними компонентами практично всього електричного та електронного обладнання (ЕЕО), формуючи структурну основу електронної промисловості. Класифікуються на односторонні, двосторонні, багатошарові, жорсткі та гнучкі плати, друковані плати складаються з різних електронних компонентів, включаючи напівпровідники, транзистори та конденсатори, що ускладнює їхню переробку через різноманітний склад матеріалів. Приблизно 40% маси друкованих плат складають метали, 30% - пластик і 30% - органічні матеріали, причому серед металів переважає мідь. Процес переробки включає кілька етапів, зокрема подрібнення та розділення для вилучення цінних металів та електронних компонентів. Подрібнення із застосуванням таких технологій, як молоткові млини, має вирішальне значення для ефективного вилучення металів. Для ефективного відокремлення електронних компонентів були розроблені передові методи, такі як автоматичні системи видалення на основі інфрачервоного нагрівача, що забезпечують мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Механічні та фізичні методи переробки зосереджені на вилученні цінних металів, таких як золото, срібло, паладій і мідь, визнаючи при цьому потенціал неметалевої фракції. Хімічна обробка з використанням неорганічних кислот, таких як азотна та сірчана, разом з окислювальними вилуговувачами довела свою ефективність для вилучення металів. Інноваційні методи, зокрема використання акварелі для вилуговування золота, продемонстрували високі показники вилучення. Такий комплексний підхід до переробки WPCB підкреслює важливість інтеграції механічних, фізичних і хімічних процесів для досягнення стійких, ефективних і екологічно чистих результатів переробки.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304935>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСКУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВИГОТОВЛЕНИХ З ПРИРОДНОЇ СИРОВИНИ

Владислава МІЩАНЧУК¹, Марина МЕЧИК¹, Оксана ПАВЛЕНКО²

¹Шосткинська спеціалізована школа I-III ступенів №1

Шосткинської міської ради Сумської області

вул. Чернігівська, 10, м. Шостка, 41100, Україна

²Шостинський інститут Сумського Державного Університету

вул. Леоніда Каденюка, 1, м. Шостка, 41100, Україна

e-mail: mishchanchukvladyslava@gmail.com

Анотація

Роботу присвячено дослідженню можливості використання у якості маскувального засобу стабілізованого трав'яного килиму на сітчастій основі. В роботі розроблена методика отримання маскувальних засобів з газонної трави шляхом вирощування на сітчаній підложці та обробки консервуючими засобами для збільшення строку зберігання.

Загальна концепція збереження біологічного матеріалу стосується інактивзації води. Цього можна досягти шляхом фізичного видалення води з рослинної тканини або шляхом включення сполук, які зв'язуються з водою. Протягом багатьох років було запропоновано багато сумішей і процедур для збереження текстури та гнучкості шляхом заміщення вологи рослин на консервуючі агенти.

Технологія отримання маскувальних засобів з природної сировини включає стадії висівання газонної трави безґрунтовим способом на основу з затіняючої сітки, обробку розчинами консервантів, що мають у складі водо замісні речовини, зокрема, діетиленгліколь та гліцерин, та висушування трав'яної сітки на повітрі.

Отримані зразки маскувальної сітки після обробки консервантами у різних співвідношеннях досліджені за основними експлуатаційними показниками, такими як стійкість до зносу (крихкість), водопоглинення, збереження властивостей після зволоження. На основі цих досліджень обрано оптимальний склад консервуючої суміші, а саме водний розчин, що містить 15 % діетиленгліколю та 5 % гліцерину.

Ключові слова: *маскувальний засіб, газонна трава, стабілізація, консервація, гліцерин, діетиленгліколь.*

Під час бойових дій особливої актуальності набувають засоби маскування, оскільки саме їх використання допомагає зберегти особовий склад та техніку від очей ворога. . Війна також передбачає збір попередньої інформації про рух ворогу або шпигунство з метою отримання його планів. Для цього потрібне розумне спостереження. Знищити ворога не виявивши себе є ключовою стратегією для будь-яких військ. Камуфляж - це спосіб приховати певний об'єкт чи людину, зробити непомітною для інших. Концепція камуфляжу нав'яна природою. Вона має численні приклади, коли поєднання матеріалу, забарвлення та малюнку природного виду зливається з навколишнім середовищем [1].

Серед вимог, яким повинен відповідати камуфляжний засіб, основними є - адаптація до оточення, текстурна правдоподібність, легкість, стійкість до зносу, мінімальний вплив на довкілля, відсутність запаху, ефективність у будь-яку пору доби, ефективність на різних відстанях, стійкість до природних явищ, мобільність.

Таким, що найбільш відповідає вимогам правдоподібності та мінімального впливу на навколишнє середовище – є камуфляж з природної сировини. До таких матеріалів належать гілки, листя, каміння, голки хвойних дерев, кора, мох та лишайники, бруд та широкий спектр інших матеріалів, корисних для маскуванню. Недоліком природного камуфляжу є недовговічність та мало мобільність, необхідність на новому місці шукати відповідні матеріали для його створення.

Метою роботи було поєднання штучного та природного камуфляжу шляхом вирощування натуральної газонної трави на штучній сітчаній основі. Але газонна трава та будь яка рослинна сировина після висушування стає крихкою та швидко руйнується, тому основною задачею роботи був підбір консервуючих речовин для подовження строку експлуатації природної маскувальної сітки.

Людство здавна використовує засоби збереження рослин. Частіше за все це стосується збереження декоративних рослин та квітів з метою створення композицій тривалого використання. Ще у 1900 році було запатентовано спосіб збереження рослин з декоративною метою [2]. Метод полягав у видаленні клітинної води та заміщенні клітинного соку спиртом і гліцерином. В роботі [3] збереження зрізаного листя, кущів або дерев відбувається шляхом замочування зрізаних рослин у водному розчині гліцерину, який достатньо розведений для просочування стебел.

Це стосується не тільки зберігання декоративних рослин. В роботі [4] пропонується спосіб консервування газону для використання його у сувенірній продукції.

Однак проблема при збереженні рослинного матеріалу з використанням розчинів гліцерину полягає в тому, що часто відбувається стікання розчину гліцерину з поверхонь рослинного матеріалу. Особливо це помітно в умовах високої відносної вологості. Намистинки розчину гліцерину утворюються на поверхні і можуть навіть капати з рослинного матеріалу. До того ж гліцерин має велику гігроскопічність та поглинає вологу безпосередньо з повітря. Були зроблені різні спроби змінити або покращити збереження рослинного матеріалу за допомогою гліцерину. Хоча гліцерин залишається консервантом вибору для свіжого рослинного матеріалу, суттєві недоліки гліцерину спонукали деяких працівників у цій галузі шукати альтернативні консерванти. Наприклад, робота [5] описує спосіб обробки для збереження зрізаних квітів, який включає етапи висушування квітів з подальшим зануренням у розчин засобу, що має зволожуючі властивості, взятим з групи, що складається з поліолів, що включають гліцерин, етиленгліколь, діетиленгліколь, триетиленгліколь або їх суміші. Такі агенти, поглинаючись рослинним продуктом, не сушать його і дозволяють підтримувати його в стані, який по суті є його природним станом і з очікуваними характеристиками, які залишаються стабільними.

З огляду на вищевказане у якості консервуючих агентів для збереження гнучкості рослинного матеріалу були обрані гліцерин та діетиленгліколь як такі що повністю відповідають вимогам та найменш шкідливі для організму людей за умов тривалого контакту.

Виготовлення маскувального засобу включало такі етапи [6]:

1. Висівання суміші газонних трав «Універсальна», яка призначена для створення технічного, швидкого, так званого універсального зеленого трав'янистої покриття безгрунтовим методом на затіняючі сітку, розташовану у пластиковій ємності.

2. Після досягнення висоти трав'яного покриття близько 15 см полив припинявся і проводилася обробка газонного килиму розчинами консервуючих речовин різної

концентрації, з метою вибору оптимального співвідношення якості та вартості маскувального засобу. Обробка проводилася паралельно способом поливу трав'яного покриття та зрошування для вибору оптимальної методики.

3. Після обробки протягом 3-5 днів, коли відбувалося заміщення вологи на консервуючий агент – трав'яний килим висушувався на повітрі.

Весь цикл займав приблизно три тижні, що довше, ніж плетіння маскувальних сіток та кікімор вручну, але зважаючи на те, що одночасно можна вирощувати траву на великій площі, не докладаючи додаткових зусиль – цей метод може бути більш вигідним.

На рисунку 1 представлені етапи вирощування зразків маскувальної сітки з газонної трави.



Рис. 1. Стадії росту трави

У таблиці 1 представлені співвідношення консервантів у розчинах для обробки зразків. З огляду на літературні джерела максимальна концентрація водозаміщуючої добавки в розчині складає 40 %. З метою здешевлення процесу у наступних зразках відсоток реагенту зменшується.

Реагенти	Дослід № 1	Дослід № 2	Дослід № 3	Дослід № 4	Дослід № 5	Дослід № 6	Дослід № 7	Дослід № 8	Дослід № 9	Дослід № 10
ДЕГ	40%	35%	25%	20%	20%	15%	10%	10%	5%	10%
Гліцерин	—	5%	—	5%	—	5%	—	5%	5%	—

Після обробки консервантами та висушування були отримані зразки трав'яної сітки, які були використані для дослідження якісних характеристик. Середня маса 10 см² зразку склала 2,5 г.

На жаль в літературних джерелах відсутні методи аналізу відповідності до основних вимог маскувального матеріалу на основі газонної трави. Тому в роботі були розроблені методи випробувань, які демонструють якісні характеристики трав'яної сітки, як то – стійкість до зносу (крихкість), водопоглинення, збереження властивостей після зволоження та висушування.



Рис. 2. Зразки маскувальної сітки після сушіння

Визначення стійкості до зносу (крихкості)

Метод визначення стійкості до зносу розроблений з використанням механічного пошкодження зразків (тертя), що призводить до руйнування стебел трав'яного покриття. Зразки сітки попередньо зважувалися, а потім пошкоджувалися шляхом тертя, імітуючи активну експлуатації протягом 2 хв. Після цього зразки обтрисувалися від обламаних травинок та знову зважувалися. Втрата маси під впливом механічного пошкодження розраховувалася за формулою.

$$\Delta m = \frac{m_{\text{п}} - m_{\text{к}}}{m_{\text{п}}}$$

де $m_{\text{п}}$ – початкова маса зразку

$m_{\text{к}}$ – кінцева маса зразку після механічного пошкодження.

Результати визначень представлені у вигляді діаграми на рисунку 3. По осі абсцис наводиться номер дослід з позначенням способу обробки – п – полив, б – обприскування.

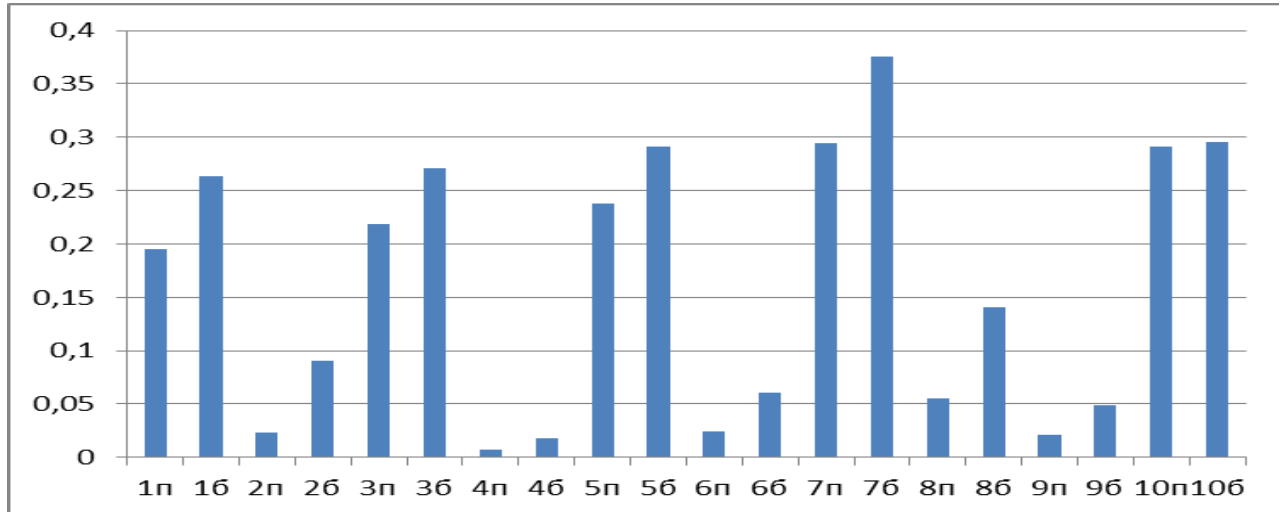


Рис. 3. Втрата маси зразків внаслідок механічного впливу, масова частка

Визначення здатності до водопоглинення вивчалася шляхом визначення коефіцієнту водопоглинення [7]. Зразок сітки попередньо зважували і заливали чистою водою до повного занурення. Досліди проводилися за температури 15° С протягом 30 хв. Після цього зразок відразу зважували. Вода, що витікала зі зразку в процесі зважування входила до загальної маси.

Коефіцієнт водопоглинення визначався за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}}$$

де $m_{\text{в}}$ – маса вологого зразку

$m_{\text{с}}$ – маса сухого зразку

Результати визначень представлені у вигляді діаграми на рисунку 4.

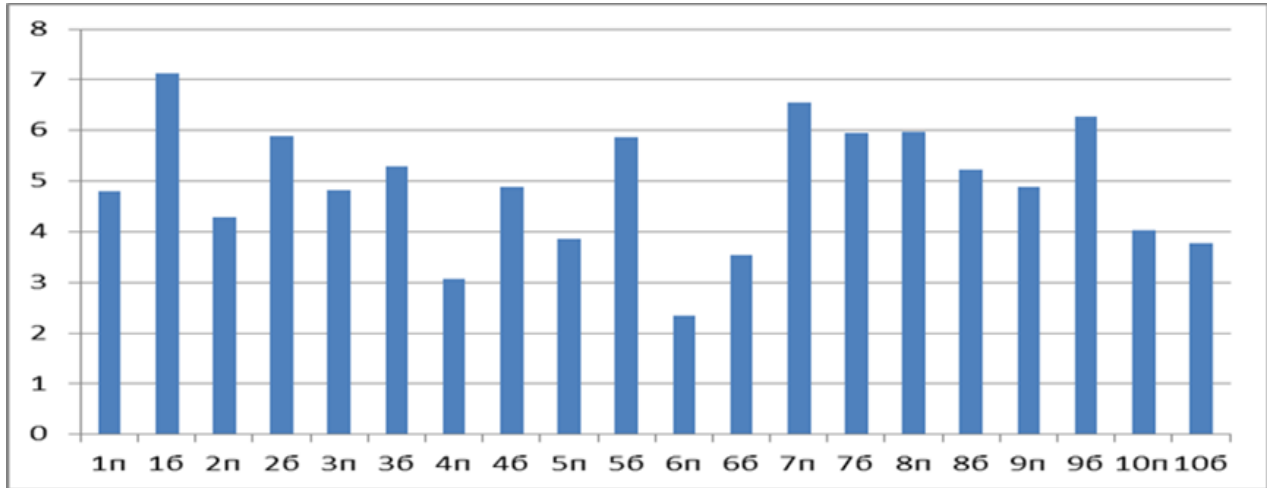


Рис. 4. Водопоглинення зразків, коефіцієнт водопоглинення

Головними природними явищами, які впливатимуть на трав'яну сітку є дощ та сніг. Тому для аналізу впливу природних явищ були використані зразки, на яких вивчалось водопоглинення трав'яної сітки. Ці зразки були висушені на повітрі протягом 5 днів та проаналізовані на стійкість до зносу за попереднім методом.

Результати визначень представлені у вигляді діаграми на рисунку 5.

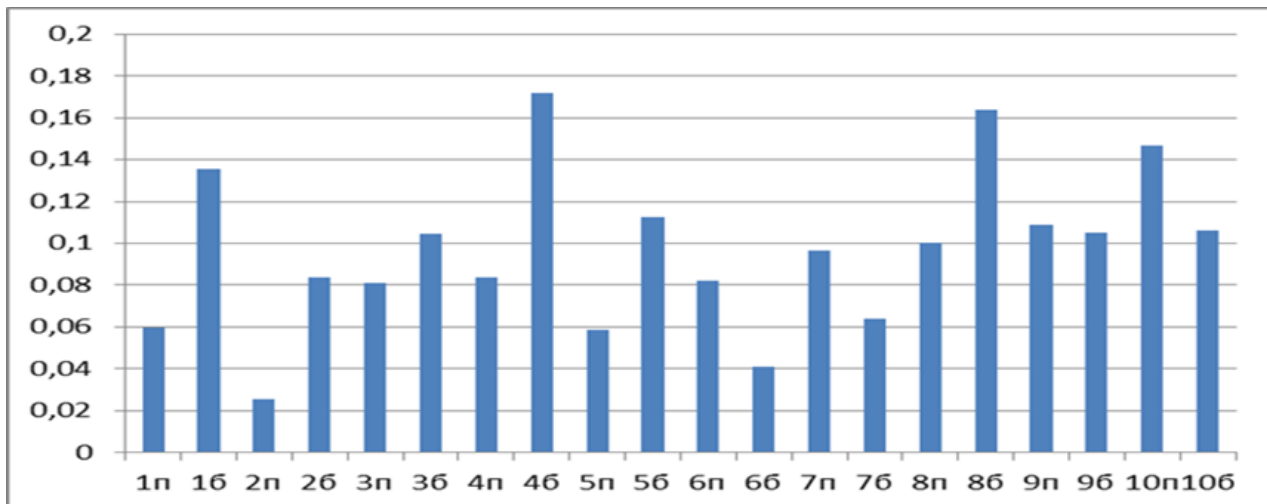


Рис. 5. Втрата маси зразків внаслідок механічного впливу після намочування протягом 30 хв та висушування

За результатами проведених експериментів можна стверджувати, що використання у якості консервуючих агентів для виготовлення засобів маскування гліцерину та діетиленгліколю можливе та економічно доцільне.

Як можна побачити, значну втрату маси після механічного впливу (рис.3) показали зразки без додавання гліцерину у якості пом'якшуючого засобу (зразки 1,3,5,7,10). Відсотковий вміст ДЕГ в цих зразках практично не впливає на значення втрати маси. На представленому рисунку також спостерігається залежність стійкості до зносу від способу обробки зразків. Практично для всіх зразків політий варіант (П) демонструє кращі характеристики.

Мінімальну втрату маси демонструє зразок, який оброблений розчином, що містить 20% діетиленгліколю та 5 % гліцерину (№4). Близькі значення мають зразки № 2, № 6 та № 9. А от № 8, який оброблений розчином, що містить 10% діетиленгліколю та 5% гліцерину – неочікувано має гірший результат. Можливо це пов'язано з неоднорідністю трав'яного покриття зразків.

З рисунку 4 можна зробити висновок, що всі зразки мають достатньо високе значення водопоглинення. Деякі з них збільшують масу в 6-7 разів після намокання. Але зважаючи на невелику початкову масу зразку, таке водопоглинення не є критичним в процесі експлуатації. До того ж зразки дуже швидко втрачають воду шляхом звичайного сушіння на повітрі.

За результатами дослідження найкращі показники має зразок № 6, який оброблений розчином, що містить 15 % діетиленгліколю та 5 % гліцерину.

На рисунку 7 представлені результати визначення впливу навколишнього середовища. Було досліджено показник стійкості до зносу зразків, які були витримані у воді та потім висушені. Як ми можемо спостерігати, загальна втрата маси внаслідок механічного впливу після обробки водою трохи зрівнялася. Ймовірно через часткове розчинення гліцерину у воді втрата маси парних зразків зросла. А непарних – навпаки знизилася. Загальна ж втрата маси всіх зразків зменшилася, ймовірно через залишковий вміст вологи у зразках після сушіння. Кращі результати за цим дослідом знову має зразок № 6.

Враховуючи результати досліджень оптимальний розчин для обробки рослинної сировини містить 15 % діетиленгліколю та 5 % гліцерину. Ця суміш дає мінімальні показники за всіма методами випробувань та є найбільш економічною з огляду на вартість реактивів. Оптимальний спосіб введення консерванту – шляхом поливу живої рослинної сировини.

Таким чином в ході роботи було досліджено якісні характеристики зразків маскувальних засобів з газонної трави, такі стійкість до зносу (крихкість), водопоглинення, збереження властивостей після зволоження та висушування.

За результатами проведеної роботи було обґрунтовано можливість використання газонної трави на основі з затіняючої сітки у якості маскувального матеріалу природного походження. Вона набагато легша за тканинні аналоги, менше поглинає вологу та швидко висихає.

Аналіз отриманих зразків маскувальної сітки свідчить про перспективність розвитку цього напрямку з метою виготовлення одночасно великих площин маскувальних матеріалів на відкритому повітрі або, наприклад, у спортивних залах шкіл.

Результатами даної роботи є розробка ефективної технології одержання маскувальних матеріалів з природної сировини.

Оптимальний розчин для обробки рослинної сировини містить 15 % діетиленгліколю та 5 % гліцерину. Зразки, політі цим розчином, показують найменше значення водопоглинення, оптимальні значення стійкості до зносу.

Можливі подальші дослідження у цьому напрямку спрямовані пришвидшення процесів обробки та сушіння готових сіток шляхом створення спеціальних умов.

Література

1. Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2009, July 15). camouflage. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/camouflage-military-tactic>
2. Patent GB190012835A *1900-07-171901-07-06Max BlaskopfAn Improved Process for the Conservation of Plants.
3. Patent FR2160310A1 *1971-11-191973-06-29Bachala Jean YvesPreservation of cut plants - by soaking in aqs glycerol
4. US4328256A *1978-08-181982-05-04Queen's University At KingstonPreservation of green plant tissues
5. US15/023,1182013-09-272014-09-26Method for preserving natural grass which has been extracted
6. Міщанчук В.Ю. Розробка технології виготовлення маскувальних Засобів з природної сировини / В.Ю. Міщанчук, М.Ю. Мечик, О.В.Павленко / Освіта, наука та виробництво: розвиток і перспективи: матеріали ІХ Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 25 квітня 2024 р. – Суми: СумДУ – С. 18-19.
7. Практикум з аптечної технології ліків : навч. посіб. для студ. вищ. навч. Закладів / О. І. Тихонов, С. О. Тихонова, О. П. Гудзенко та ін.; за ред. О. І. Тихонова, С. О. Тихонової. –Х. : Оригінал, 2014. – 448 с.

STUDY OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF MEANS OF MASKING FROM NATURAL RAW MATERIALS

Vladyslava MISCHANCHUK

Shostka Specialized School of I-III Degrees No. 1, Ukraine

Maryna MECHYK

Shostka Specialized School of I-III Degrees No. 1, Ukraine

Oksana PAVLENKO

Shostka Institute of Sumy State University, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0005-5568-2832>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304935>

Keywords: *camouflage material, lawn grass, stabilization, preservation, glycerin, diethylene glycol.*

Abstract

The work is dedicated to the investigation of the possibility of using stabilized grass mats on a mesh base as a camouflage material. The methodology for obtaining camouflage materials from lawn grass by growing it on a mesh substrate and treating it with preservatives to extend its shelf life has been developed.

The general concept of preserving biological material involves water inactivation. This can be achieved either by physically removing water from the plant tissue or by incorporating compounds that bind to water. Over the years, many mixtures and procedures have been proposed to preserve the texture and flexibility by replacing the plant's moisture with preserving agents.

The technology for obtaining camouflage materials from natural raw materials includes the stages of sowing lawn grass hydroponically on a shading mesh base, treating it with preservative solutions containing water-replacing substances, such as diethylene glycol and glycerin, and air-drying the grass mat.

The obtained samples of the camouflage mesh, after treatment with preservatives in various proportions, were studied for key performance indicators such as wear resistance (brittleness), water absorption, and retention of properties after wetting. Based on these studies, the optimal composition of the preservative solution was selected, specifically an aqueous solution containing 15% diethylene glycol and 5% glycerin.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304061>

ПОРИСТІ І ТРАНСПОРТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН НА ОСНОВІ SiC

Юлія МОЛЧАН¹, Тетяна ДОНЦОВА¹

¹Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: molchan.yulia@iill.kpi.ua

Анотація

Робота присвячена дослідженню пористих та транспортних характеристик керамічних мембран на основі SiC. Отримані SiC керамічні мембрани характеризуються зменшеною температурою спікання за рахунок додавання рідкого скла та збільшені пористі, механічні характеристики. Показано, що SiC керамічні мембрани є перспективними у застосуванні у мембранній технології очищення води.

Ключові слова: SiC керамічні мембрани, пористість, транспортні характеристики, міцність.

Керамічні мембрани все більше і більше набувають популярності у технології очищення води, оскільки мають такі переваги: довгий термін експлуатації, стійкість до високих температур, агресивних хімічних середовищ, забруднень, високу механічну міцність. Завдяки своїм властивостям керамічні мембрани також застосовують в медичній, нафтохімічній, біологічній галузях [1]. Силіцій карбід (SiC) є одним із найбільш перспективних матеріалів для керамічних мембран серед інших таких як оксид алюмінію, оксид титану, діоксид цирконію. SiC керамічні мембрани мають найкращі хімічні, термічні та механічні властивості серед інших в агресивному середовищі та швидкому потоці рідини та пористість більшу 40%. SiC керамічні мембрани застосовують для очищення стічних, підземних, пластових вод.

Структура SiC керамічних мембран, як правило, складається з підтримуючого, проміжного та селективного шарів. Нанесений селективний шар на пористу підкладку забезпечує високу міцність та пропускну здатність SiC мембрани. Підтримуючий шаром для SiC керамічної мембрани може слугувати підкладка з силіцій карбїду і це забезпечить зведення до мінімуму виникнення тріщин під час отримання [2].

Висока температура спікання є одним із факторів, який пливає на собівартість і створює високу ціну SiC керамічних мембран. Силіцій карбід відомий своїми міцними ковалентними зв'язками, які вимагають високої температури спікання до 2000 °C для їх розриву. Під час процесу спікання зазвичай SiC керамічні мембрани рекристалізуються в діапазоні температур 1900–2200 °C. Очевидно, що отримання керамічних мембран є вартісним процесом. Для зниження температури спікання мембран в літературі рекомендується використання наступних речовин: муліт, оксид цирконію, золу, глинозем, цеоліт, рідке скло, боксит. Внаслідок додавання цих речовин температура спікання може бути знижена SiC до 1350–1500 °C. Зокрема додавання рідкого скла дало змогу знизити температуру спікання до 1000°C та

отримати SiC керамічні мембрани, які характеризуються хімічною стійкістю до сильно кислотних та лужних умов [3].

Метою роботи є синтез SiC керамічних мембран з та без додаванням рідкого скла, дослідження структурних, пористих і транспортних характеристик.

Було отримано дві керамічні мембрани на основі SiC з та без додаванням рідкого скла за температури 950 °C за допомогою методу пресування попередньо змішуваних сухих компонентів (силіцій карбід, алюміній оксид, амоній дикарбонат, натрій тетраборат). Фото отриманої SiC керамічної мембрани представлено на рисунку 1 а.

Для дослідження структури керамічної мембрани було використано скануючу електронну мікроскопію (СЕМ). На рис. 2 зображено СЕМ-зображення отриманої керамічної мембрани.

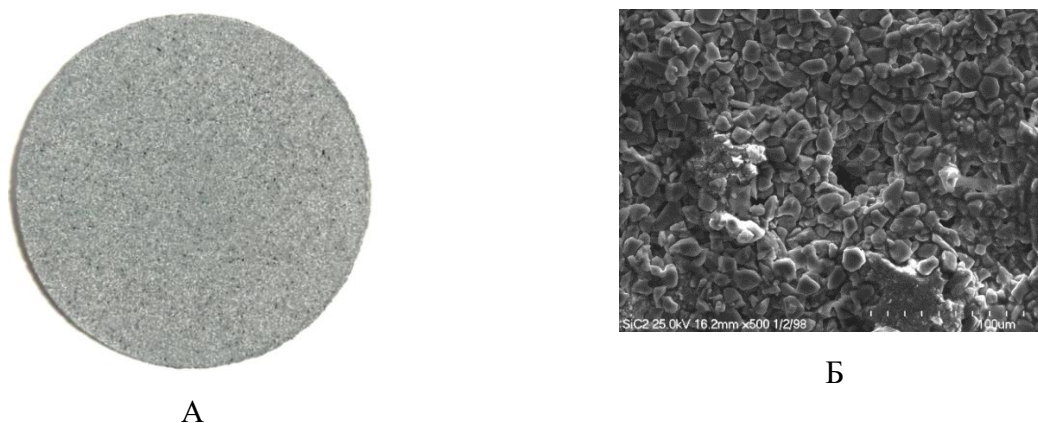


Рис. 1. Фото та СЕМ-зображення отриманої SiC керамічної мембрани з додаванням рідкого скла

З рисунку 1 видно, що отримана SiC керамічна мембрана має зернисту структуру, а мікроскопічні дослідження вказують на макропористість зразка. SiC керамічна мембрана без додавання скла мала аналогічну структуру.

Міцність на згин для отриманих керамічних мембран становила: 16,3 МПа для керамічної мембрани без додавання скла, 46,8 МПа – з додаванням. Це підтверджує їх високі механічні властивості та свідчить про перспективи застосування у мембранних технологіях.

Також було проведено визначення пористих і транспортних властивостей SiC керамічних мембран. Отримані результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Пористі і транспортні властивості SiC керамічних мембран

Зразок	SiC-H	SiC-H-LG
Загальна пористість, %	17,9	44,5
Відкрита пористість, %	17,7	44,3
Пропускна здатність чистої води, $\text{cm}^3/(\text{хв}\cdot\text{cm}^2)$	18,66	10,84

Як видно із табл. 1, рідке скло має вплив на пористість та пропускну здатність отриманих SiC керамічних мембран. Збільшена пористість у зразку із рідким склом може бути пояснена

тим, що рідке скло коагулює частинки мембрани під час пресування і подальшому спіканню. Високі значення пропускної здатності свідчать про високі транспортні характеристики отриманих SiC керамічних мембран.

Отже, показано, що SiC керамічні мембрани мають високі пористі, транспортні та механічні властивості. Встановлено, що додаванням рідкого скла збільшує механічні властивості, пористість та зменшує пропускну здатність.

В подальшому планується збільшити вміст рідкого скла та дослідити його вплив та типу карбонату на пористі, транспортні та механічні властивості.

Література

1. Dong, Y.; Wu, H.; Yang, F.; Gray, S. Cost and Efficiency Perspectives of Ceramic Membranes for Water Treatment. *Water Research* **2022**, *220*, 118629. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118629>.
2. Eray, E.; Candelario, V. M.; Boffa, V. Ceramic Processing of Silicon Carbide Membranes with the Aid of Aluminum Nitrate Nonahydrate : Preparation , Characterization , and Performance. *Membranes* **2021**, *11* (714), 2–17. <https://doi.org/10.3390/en14071831>
3. Wang, J.; Wang, X.; Fu, Q.; Fu, J.; Zhai, F.; Li, S. Silicon Carbide Ceramic Membrane Support Sintered at 800 °C with Low-Temperature Sintering Aid. *Ceramics International* **2023**, *49* (15), 25612–25619. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.05.102>.

POROUS AND TRANSPORT CHARACTERISTICS OF CERAMIC MEMBRANES BASED ON SiC

Yuliia MOLCHAN

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2364-3530>

Tetiana DONTSOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8189-8665>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304061>

Keywords: *SiC ceramic membranes, porosity, transport characteristics, strength.*

Abstract

The work describes the study of porous and transport characteristics of SiC-based ceramic membranes. The obtained SiC ceramic membranes are characterized by a reduced sintering temperature due to the addition of liquid glass and increased porous, mechanical characteristics. It is shown that SiC ceramic membranes are promising for use in membrane technology for water purification.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304820>

ОБМЕЖЕННЯ ВІДХОДІВ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ У ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ МАЛОСЕРІЙНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Віталій НЕСІН, Сергій ЛАХТАДИР, Михайло МАЄТНИЙ, Олег КАГЛИНСЬКИЙ,
Сергій ДОСЕНКО, Олексій КУЗНЄЦОВ, Петро БІЛЕВСЬКИЙ, Вікторія ПАВЛЕНКО

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз

Служби безпеки України

вул. Миколи Василенка, 3, м. Київ, 03113, Україна

e-mail: witnes@ukr.net

Анотація

Робота описує створення способу зменшення витрат металів та сплавів у експериментальному малосерійному приладобудуванні. В способі застосований комплексний підхід до організації різних видів спрямованої діяльності. В роботі проаналізована послідовність наукової, творчої, вишукувальної, економічної діяльності по створенню нових приладів. Відзначений вплив на кінцевий результат зворотного зв'язку між виконавцями послідовних робіт.

Ключові слова: *зменшення відходів матеріалів, приладобудування, експериментальне виробництво.*

Ситуація одночасної наявності малої кількості відходів матеріалів і високої ефективності виробництва складається не часто. Прагнення до її досягнення існувало завжди. Частіше такі характеристики виробництва є протилежними. Досягнення ефективності може супроводжуватися збільшенням відходів виробництва. Поєднання ефективності виробництва із зменшенням залишків матеріалів, що проведено в даному дослідженні, є *актуальним* на етапі переходу від застосування універсальних технологій обробки до високоінтелектуальних.

Метою дослідження є розробка принципів обмеження витрат матеріалів та сплавів в процесі експериментального малосерійного виробництва в приладобудуванні.

Новизна роботи полягає в проведенні комплексного аналізу різних за фізичною основою технологічних процесів, економічних ризиків впровадження нової техніки та впливу людського фактору на її застосування та синтезу умов досягнення ефективності виробництва, зокрема скорочення часу виконання основних операцій, без збільшення відходів матеріалів.

Наукові розробки, що втілюються в конкретних приладах, потребують експериментального виробництва макетів, зразків та дослідних партій виробів. Результати конструювання реалізуються в креслениках конкретних деталей, складальних одиниць, креслениках загального виду виробів. Технологічне опрацювання завершується розробкою послідовності виготовлення виробів. При цьому враховується парк наявного та запланованого до придбання основного обладнання. Аналізується матеріал, технологічність конструкції деталей та складальних одиниць, роботоспроможність розробленого виробу. Розробляється спеціальне технологічне оснащення. Підбираються інструменти та витратні матеріали. Створюються комп'ютерні програми керування. Розраховуються витрати матеріалів.

Готуються спеціалізовані робочі місця. Розраховуються норми часу виконання операції. Замовляються основні та витратні матеріали, інструменти, послуги. Проводяться маркетингові дослідження, пошук постачальників, придбання замовлених товарів та послуг. За потреби, проводяться тендерні торги, винаймання та навчання персоналу, ремонт приміщень, оновлення комунікації, тощо. Спрощена схема виготовлення нового виробу представлена на Рис. 1.

Потрібний для опрацювання та реалізації повного циклу розробки та виготовлення нових виробів масив інформації постійно оновлюється. Кожен наступний виконавець (за схемою на Рис. 1.) в межах своїх функцій створює окремий інтелектуальний та (або) матеріальний продукт. Шляхом зворотнього зв'язку впливає на попередників, вносить корективи в проміжні та остаточні продукти спільної роботи. Така постійна петля якості, яка описана в стандартах серії ISO 9000, як запобіжна (п. 3.12.1) та корегувальна (п. 3.12.2) дія [1], декілька разів реалізується від початку дослідження до моменту отримання готового продукту у вигляді макету виробу. На шляху до виробництва зразка виробу і малої дослідної партії також реалізується багаторазовий зворотній зв'язок (Рис. 1.) між розробником і конструктором (ЗЗк), технологом (ЗЗт), фахівцем із закупівель (ЗЗз), дослідником ринку та постачальником обладнання інструментів та матеріалів (ЗЗм), виробниками (ЗЗв) та користувачами (ЗЗп).



Рис. 1. Схема розробки та виготовлення нових виробів

Обмеження відходів виробництва безпосередньо впливає на ефективність виготовлення продукції і задоволення потреб користувачів. Метою обмеження відходів та раціонального використання ресурсів переймається весь задіяний в процесі виготовлення продукції персонал.

Мінімізацією видів застосовуваних матеріалів до обсягів достатніх для задоволення потреб та забезпечення функціональності нових виробів опікуються розробники та конструктори. Технологи визначають потрібний сортамент матеріалу, формують ефективну схему його розкроювання. Процес планування закупівель включає аналіз пропозицій ринку для забезпечення різних напрямків виробництва. Мінімальна можлива для продажу партія матеріалу, компонентів, інструментів, обладнання та послуг сторонніх постачальників також впливають на кількість залишків.

Виконання технологічної послідовності розпочинається на заготівельній ділянці після отримання матеріалів. Раціонально вибране заготівельне обладнання обмежує зайві витрати металів та сплавів на стадії розкрою.

Технології різання металів за кількістю витрат доцільно розглянути на прикладі. Для різання алюмінієвого сплаву Д16, а за міжнародною класифікацією матеріал 2024, товщиною 20 мм, можуть бути застосованими декілька різних технологій. За втратами матеріалу при різанні (від більших до менших втрат), ці характерні процеси послідовно можна розташувати наступним чином:

- I. Електродугове різання.
- II. Плазмове різання.
- III. Механічне різання пилкою на верстатах з поступально-зворотнім просуванням.
- IV. Різання стрічковими пилками.
- V. Електрокорозійне іскрове різання дротовими електродами.

Ширина різання зазначеними способами представлена на номограмі (Рис. 2).

Відповідно до Рис. 2, ширина різання при застосуванні дротового електроду в електроіскровому корозійному процесі становить близько 1 мм. Проте швидкість такого різання мала. А витрати електродного дроту та спеціальної рідини значні. В даному випадку доводиться надавати перевагу технології різання сплаву стрічковою пилкою.

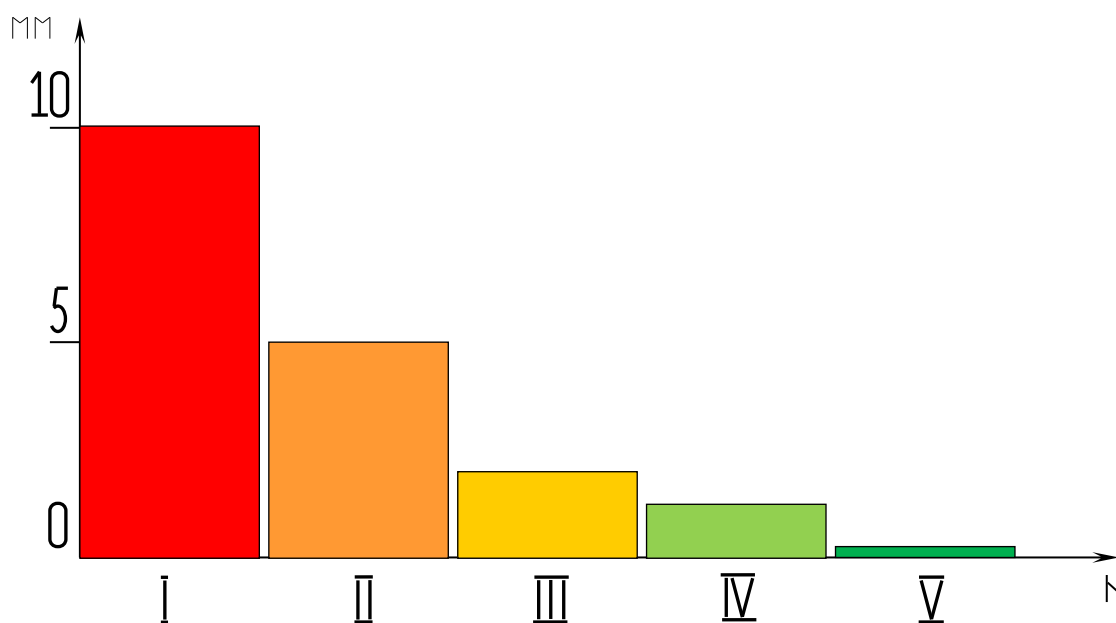


Рис. 2. Порівняння технологій за максимальною шириною різання

Заготовлені матеріали формуються у виріб послідовним застосуванням токарних, фрезерних, слюсарних, зварювальних, адитивних, гальванічних, хімічних, монтажних фарбувальних, гравіювальних та інших операції обробки.

Мінімальні витрати матеріалу при токарній обробці та фрезеруванні проявляються в разі застосування сучасних обробних токарних та фрезерних центрів. Використання за програмою керування різних інструментів у визначеній послідовності обробними центрами значно скорочує час механічної обробки порівняно із застосуванням універсальних токарних і фрезерних верстатів.

Керування обробними центрами здійснюють оператори. Кваліфікаційні вимоги до операторів нижчі за вимоги до фахівців, які створюють програми керування верстатами. Оператор змінює деталі в оснастці і запускає процес обробки. Завершення процесу відбувається автоматично без маніпуляцій оператора. Аналогічна ситуація існує в автоматичних процесах зварювання, адитивних процесах та інших сучасних технологічних операціях.

У підсумку зазначимо, що зменшення відходів металів та сплавів у експериментальному малосерійному виробництві можливо здійснити комплексним впливом в технічному, економічному і соціальному напрямку.

Технічний вплив полягає в оптимальному підборі варіантів застосовуваних технологічних операцій на усіх етапах маршруту обробки.

Економічний напрямок впливу полягає у заміні універсального обладнання на високоінтелектуальне.

Соціальний вплив передбачає підвищення культури виробництва, впровадження ідей управління якістю і, зокрема ідеї постійного підвищення якості. Так званої петлі якості.

Література

1. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. Київ, ДП «УкрНДНЦ». 2016. 45 с.

LIMITATION OF WASTE METALS AND ALLOYS IN EXPERIMENTAL SMALL-SERIES DEVICE BUILDING

Vitalii NESIN

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4799-4239>

Serhii LAKHTADYR

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-2258-2625>

Mykhailo MAIETNYI

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9123-0706>

Oleh KAHLYNSKII

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4658-5177>

Serhii DOSENKO

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6707-2840>

Oleksii KUZNIETSOV

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9242-0835>

Petro BILEVSKYI

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-9021-7822>

Viktoriia PAVLENKO

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-2303-0993>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304820>

Keywords: *reduction of material waste, instrumentation, experimental production.*

Abstract

The work describes the creation of a method of reducing the consumption of metals and alloys in experimental small-scale instrument manufacturing. The method uses a comprehensive approach to the organization of various types of targeted activities. The work analyzes the sequence of scientific, creative, searching, economic activities for the creation of new devices. The impact on the final result of feedback between the performers of successive works is noted.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304029>

ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ОЧИЩЕННІ ҐРУНТІВ ВУГЛЕЦЕВИМИ СОРБЕНТАМИ

Юлія НОСАЧОВА, Валерія ВЕМБЕР, Богдан ГАВРИЛЬЧЕНКО

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: ykr.net67@gmail.com

Анотація

У роботі проведено дослідження різних параметрів фітотоксичної дії при забрудненні ґрунту сировою нафтою, а також оцінена можливість зниження токсичності нафтозабруднених ґрунтів за рахунок застосування сорбентів. За сорбенти використовували активоване вугілля та терморозширений графіт. Отримані результати свідчать про перспективність застосування сорбційного методу при ревіталізації нафтозабруднених територій. При використанні в якості сорбенту терморозширеного графіту фітотоксичний ефект не перевищував 20%.

Ключові слова: ґрунт, фітотоксична дія, нафта, сорбція.

На сьогодні, забруднення ґрунтів нафтою є серйозною екологічною проблемою в багатьох регіонах світу. Технологічні процеси видобутку та виробництва нафтопродуктів, їх зберігання та транспортування майже завжди пов'язане з втратами. Недосконалість систем збирання та транспорту нафти; несправність обладнання свердловин та перекачувальних насосів; низький ступінь герметизації сировинних та товарних резервуарів та багато інших факторів призводять до потрапляння сирової нафти у ґрунтовий покрив. В Україні внаслідок бойових дій ризику забруднення нафтою значно зростають.

Токсична дія вуглеводнів нафти негативно впливає на ґрунтовий покрив, змінює його структуру фізичні та хімічні властивості ґрунтів. Різні фракції нафти, багаті парафінами, смолами та асфальтенами, закорковують пори та канали ґрунту, в результаті чого створюються анаеробні умови, що призводить до порушення вологообміну та окислювально-відновних процесів у ґрунтових прошарках з різноманітною глибиною залягання.

В лабораторних умовах значне зниження швидкості поглинання вологи повітряно-сухим ґрунтом виявлено при дозах нафти вище 10 см³/кг [1].

Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту можна отримати, використовуючи тест-об'єкти (насіння і проростки рослин) і різноманітні тест-показники (динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, висота пагона тощо). Проведення експериментів з впливу різних техногенних субстратів на рослинні об'єкти в контрольованих умовах дозволяє вирішувати багато завдань: встановити причини різної стійкості рослин і тенденції пристосування до токсикантів, виявити вплив конкретного фактора середовища, виключити дію інших чинників, з'ясувати летальну дозу полютанту тощо [1–4].

Розуміння того, як рослини реагують на нафтове забруднення та чи можуть вони використовуватися в очищенні забруднених ґрунтів, може мати важливі практичні наслідки для відновлення екологічної стійкості постраждалих територій.

Метою роботи є оцінка методом фітоіндикаційного тестування можливого стабілізаційного ефекту на забруднений сирією нафтою ґрунт після використання сорбентів: терморозширеного графіту (ТРГ) та активованого вугілля (АВ).

В якості тест-об'єкту було обрано крес-салат (*Lepidium sativum L.*) – однорічну трав'янисту рослину родини Капустяних або Хрестоцвітих (*Brassicaceae*). Крес-салат є культурою, дуже чутливою до забруднення навколишнього середовища різноманітними поллютантами. Дана тест-культура інформативна в разі забруднення ґрунтів важкими металами, нафтопродуктами, радіоактивними речовинами та при комплексному забрудненні [5]. Під впливом забруднювачів можуть змінюватися корені та пагони цієї рослини, порушується схожість насіння. Через простоту вирощування та високу швидкість ростових процесів крес-салат може виступати дуже зручним об'єктом біоіндикації та біомоніторингу.

Для розрахунку фітотоксичного ефекту на рослини крес-салату використовували наступну формулу:

$$ФЕ = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100\% \quad (1)$$

де L_0 – середня схожість рослини, вирощеної на контрольному середовищі,
 L_x – середня схожість рослини, вирощеної під впливом токсичного фактора.

Оцінку фітотоксичності нафтозабруднених ґрунтів проводили за шкалою рівнів токсичності, наведеній у таблиці 1.

Таблиця 1 - Шкала рівнів токсичності ґрунтів

Рівні пригнічення Процесів схожості (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0 – 20	Відсутність або слабкий рівень токсичності
20,1 – 40	Середній рівень
40,1 – 60	Вище середнього рівня
60,1 – 80	Високий рівень
80,1 – 100	Максимальний рівень

На першому етапі проводили лабораторні дослідження для вивчення різноманітних параметрів фітотоксичного ефекту при забрудненні ґрунту сирією нафтою. У ємності, що містили по 500 г ґрунтової суміші вносили сирію нафту у концентраціях 0; 10; 30 та 40 см³/кг. На штучно забрудненому ґрунті висівали дослідні рослини, спостерігаючи за схожістю, показниками росту і розвитку на ранніх фазах вегетації. Контрольну групу склали проростки, вирощені на чистому ґрунті. Реакція рослин на забруднення ґрунту нафтою оцінювалася візуально у процесі вегетації, фіксували наступні параметри: відсоток схожості (%), довжину всієї рослини (см), довжину кореня (см), довжину листка (см), довжину листової пластини (см), кількість бічних корінців. В кожен ємність висаджували по 10 насінин. Значення кожного параметра обчислювали як середнє арифметичне серед відповідних показників пророслих насінин.

Результати досліджень щодо впливу концентрації нафти у чорноземному ґрунті на схожість та морфологічні показники крес-салату представлено на рис. 1, 2. Вже за концентрації сиріої

нафти 10 см³/кг в зразках ґрунту спостерігався фітотоксичний ефект на рівні 20 %, а при збільшенні вмісту нафти до 40 см³/кг він досягав 60 %, що відповідає високому рівню токсичності (табл. 1).

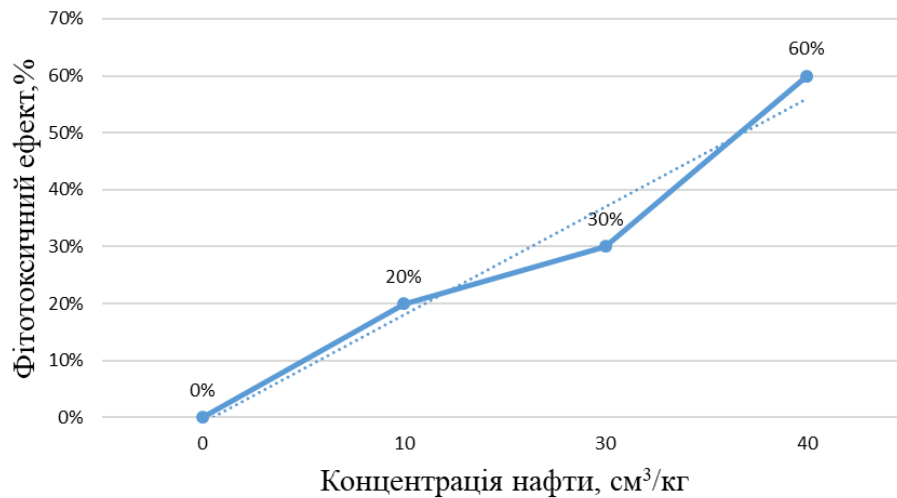


Рис. 1. Залежність фітотоксичного ефекту від концентрації сирої нафти у ґрунті

Внесення у ґрунт 10 см³/кг нафти призводило до зниження життєздатності рослин крес-салату, що супроводжувалося зниженням усіх досліджених морфологічних показників майже в 2 рази порівняно з контролем. Підвищення концентрації нафти у ґрунті до рівня 30 та 40 см³/кг викликало різноспрямовані зміни ростових процесів крес-салату та демонструвало відсутність лінійної залежності між дозою внесеної у ґрунт нафти і більшістю досліджених морфологічних показників. Найбільш стабільним показником, який зазнавав найменших змін при забрудненні ґрунту сирою нафтою виявилась довжина кореня крес-салату, а найбільш чутливим – кількість бічних корінців, які майже зникали при внесенні в ґрунт найвищої дози нафти з дослідженого концентраційного діапазону (рис. 2).

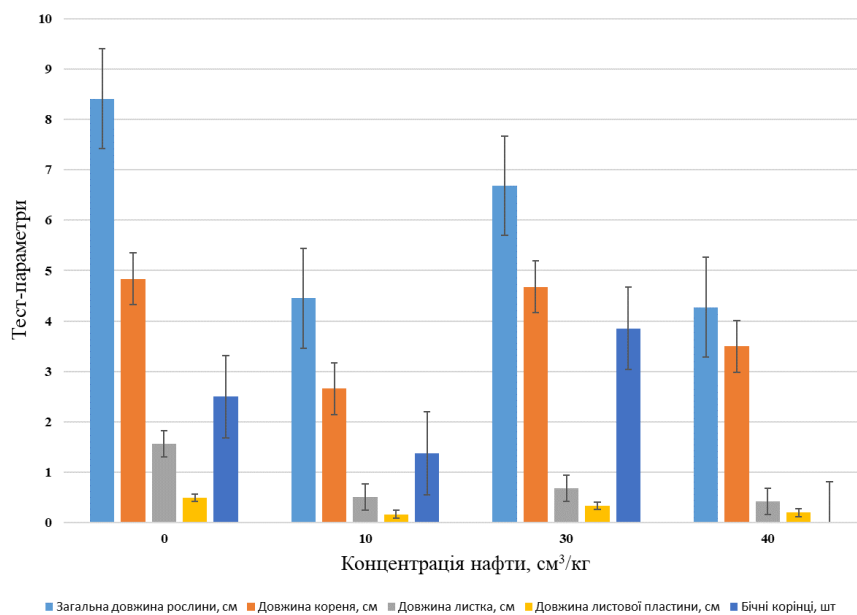


Рис. 2. Реакція рослин на забруднення ґрунту сирою нафтою

На наступному етапі досліджень оцінювали можливість зниження токсичності забруднених нафтою ґрунтів за рахунок використання сорбентів. Можливості видалення нафти із забруднених територій шляхом адсорбції представлені широким асортиментом природних органічних, неорганічних та синтетичних сорбентів. Високим потенціалом відрізняються сорбенти на основі вуглецевих матеріалів, оскільки вони мають велику площу питомої поверхні, низьку щільність, відмінні механічні властивості, гарну хімічну стабільність, екологічність, великий об'єм пор та гідрофобні властивості.

Для подальших досліджень були відібрані 2 типи вуглецевих сорбентів: активоване вугілля (АВ) та терморозширений графіт (ТРГ), які додавали до ґрунтів, забруднених найвищою із досліджених доз сирої нафти. У посудини з 500 г ґрунту вносили сиру нафту у кількості 40 см³/кг та додавали сорбенти у кількості 20, 40, 80 мг/кг.

Результати сорбційного очищення нафтозабрудненого ґрунту за допомогою активованого вугілля (АВ) представлені на рис. 3, 4.

Як можна побачити з наведеного графіка (рис. 3), внесення в ґрунт активованого вугілля дозволяло знизити токсичність нафтозабруднених ґрунтів з 60 % (рис. 1) до 20–30 %, що відповідає середньому рівню токсичності. При цьому майже всі досліджені тест-параметри поверталися до контрольних рівнів, а найбільш чутливі – зазнавали незначної стимуляції (рис. 4).

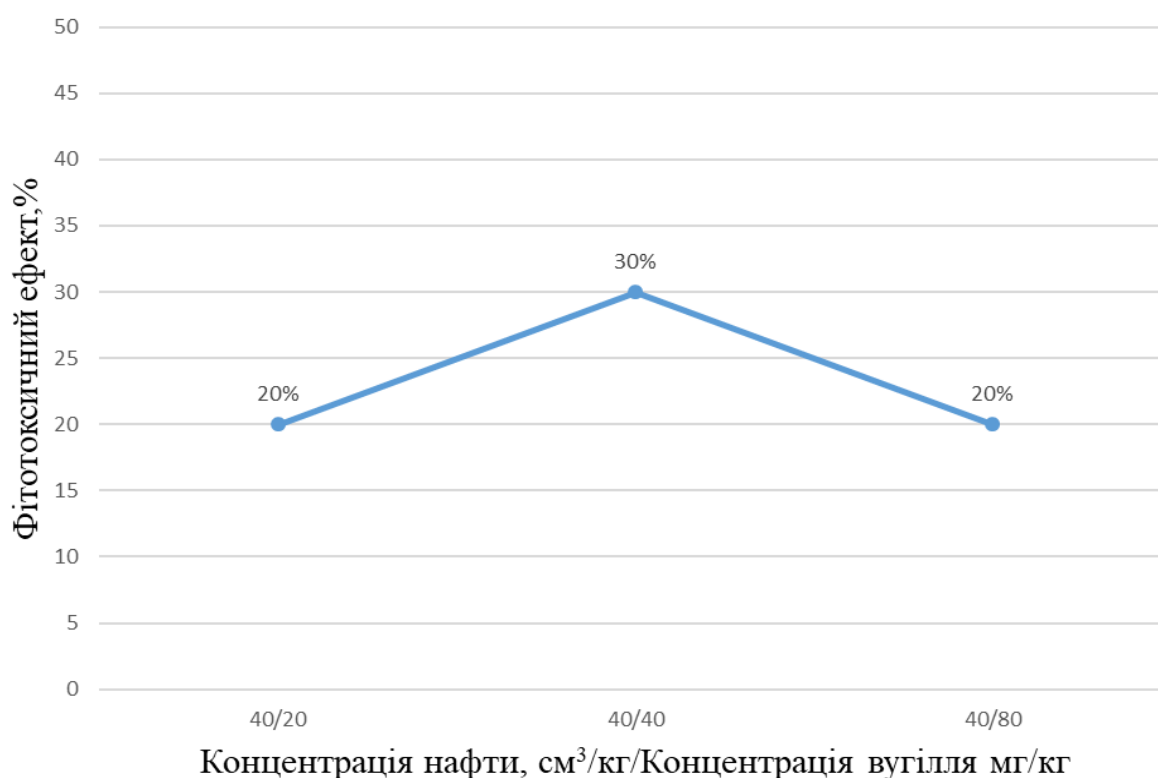


Рис. 3. Залежність фітотоксичного ефекту при забрудненні ґрунтів сирою нафтою в концентрації 40 см³/кг від концентрації активованого вугілля

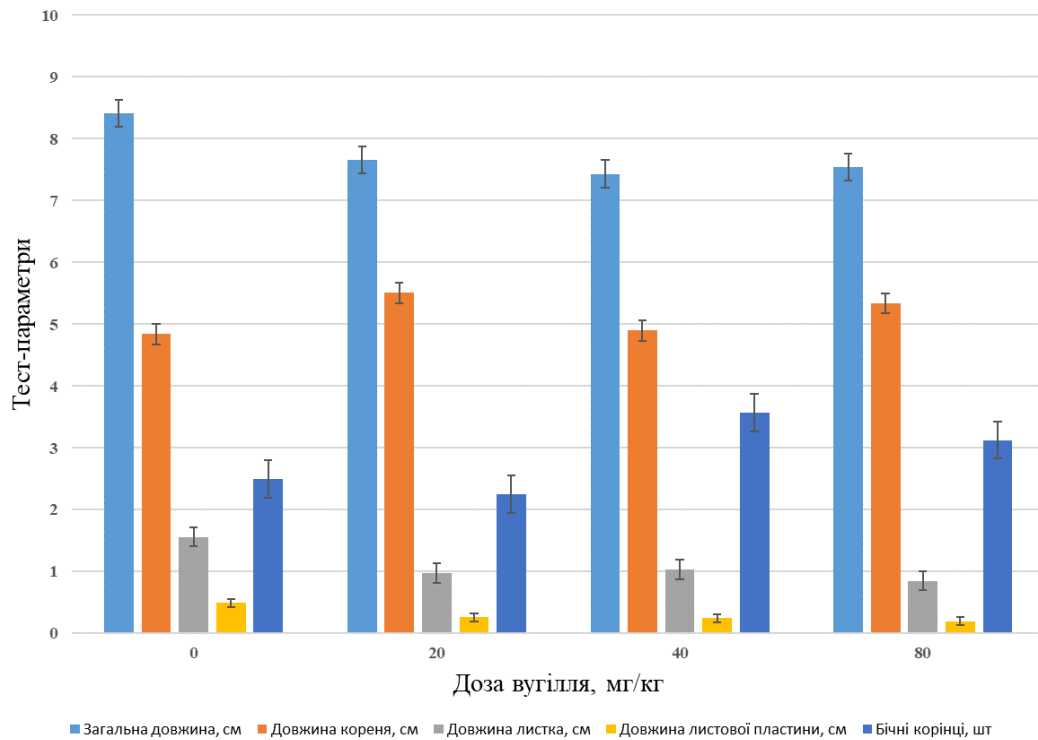


Рис. 4. Реакція рослин на забруднення ґрунту сировою нафтою (40 см³/кг) в присутності активованого вугілля в різних концентраціях

При використанні в якості сорбента терморозширеного графіта фітотоксичний ефект вдалося знизити до 0%, якщо концентрація сорбента вдвічі перевищувала концентрацію внесеної у ґрунт нафти (рис. 5).

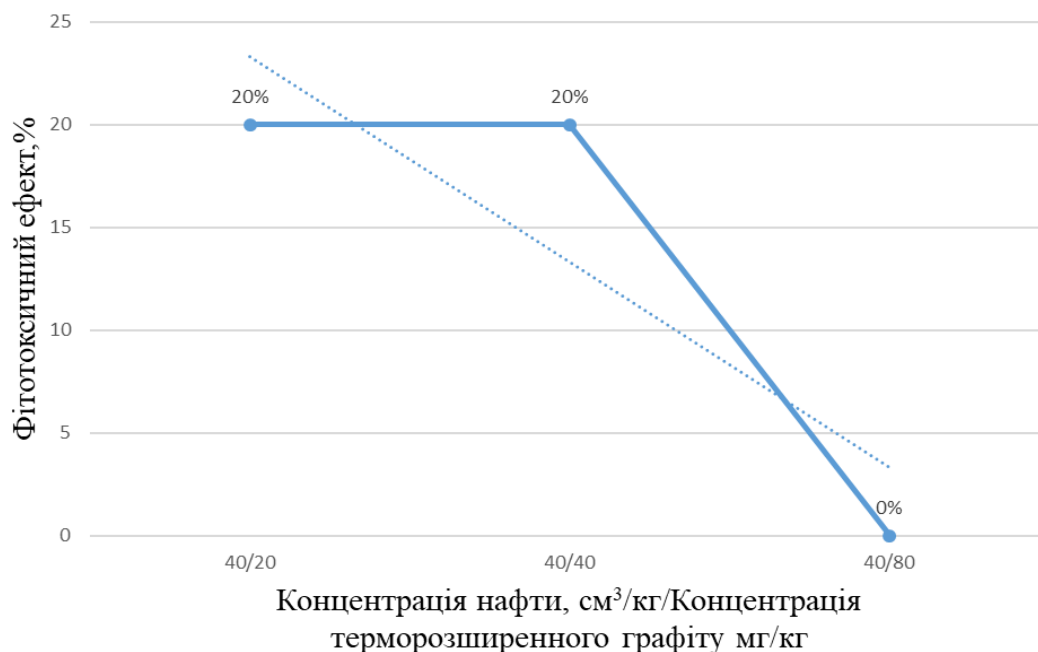


Рис. 5. Залежність фітотоксичного ефекту при забрудненні ґрунтів сировою нафтою в концентрації 40 см³/кг від концентрації терморозширеного графіту

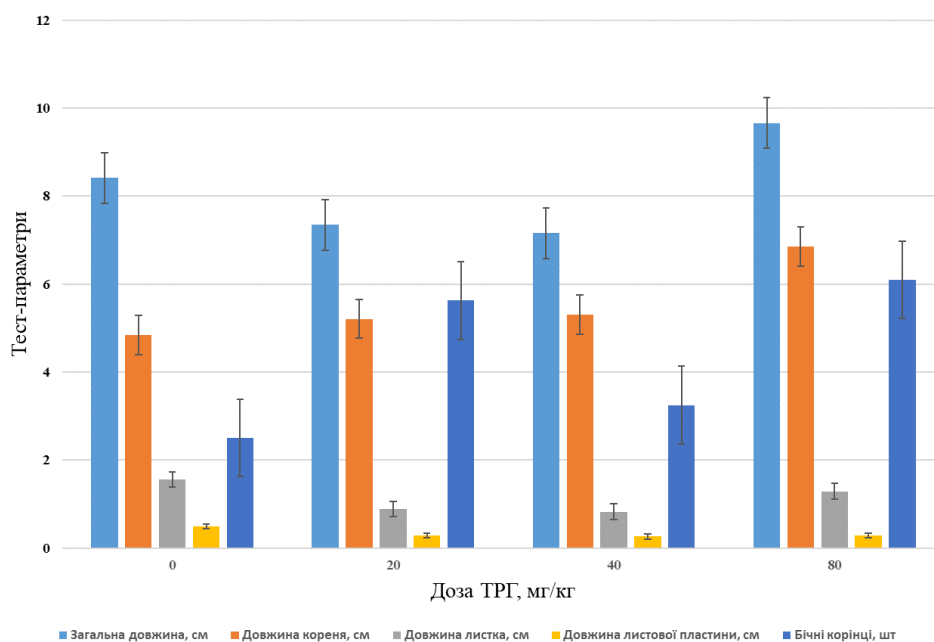


Рис. 6. Реакція рослин на забруднення ґрунту сировою нафтою (40 см³/кг) в присутності терморозширеного графіту в різних концентраціях

Висновки. Отримані результати були релевантними та добре описували вплив токсичних факторів на параметри рослин. При використанні в якості сорбційних матеріалів АВ та ТРГ слід відмітити, що ефективнішим себе показав терморозширений графіт, з ним нам вдалося досягти кращого рівня схожості рослин, ніж при використанні активованого вугілля в зразках ґрунту забруднених нафтою на рівні 40 см³/кг. Фітотоксичний ефект з активованим вугіллям спостерігався на рівні низько – середній, максимальний % фітотоксичного ефекту становив 30%. У зразках з терморозширеним графітом фітотоксичний ефект був не вище позначки 20 %, тобто слабкий рівень фітотоксичності, а в одному зразку з концентрацією ТРГ – 80 мг/кг вдалося досягти повної відсутності фітотоксичного ефекту. Середні значення тест-параметрів зразків з внесеним терморозширеним графітом вищі, ніж у зразках з внесеним активованим вугіллям, зокрема це такі параметри як загальна довжина рослини, довжина кореня, площа листової пластини та наявність бічних корінців.

Отримані результати свідчать про те, що сорбційний метод може бути перспективним при ревіталізації нафтозабруднених територій.

Література

1. Baek, K.-H., Kim, H.-S., Oh, H.-M., Yoon, B.-D., Kim, J., & Lee, I.-S. (2004). Effects of Crude Oil, Oil Components, and Bioremediation on Plant Growth. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 39 (9), 2465–2472. doi: 10.1081/ese-200026309
2. Горон М., Джура Н., Романюк О., Шевчик Л., Сенечин Н., Терек О. Фітотестування як експресметод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів // Вісн. Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2012. – Вип. 58. – С. 185–192.

3. Колеснікова Л. А., Галицька М. А., Піщаленко М. А., Бараболя О. В., Чубук Д. І., Литвишко О. А. Реакція сільськогосподарських рослин на забруднення ґрунту нафтою. No 4. 2019 Вісник Полтавської державної аграрної академії.

4. Shankar, S., Kansrajh, C., Dinesh, M. G., Satyan, R. S., Kiruthika, S., & Tharanipriya, A. (2013). Application of indigenous microbial consortia in bioremediation of oil-contaminated soils. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11 (2), 367–376. doi: 10.1007/s13762-013-0366-1

5. Гринчишин Н. М., Бабаджанова О. Ф., Сосєдко К. С. Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату (*Lepidium sativum* L.), 2014. – Вип. 24.10. – С. 81–86.

6. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. І., Терек О. І. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів, 2014, вип. 1 (31), с. 97–102.

EVALUATION OF THE PHYTOTOXIC EFFECT DURING CLEANING OF SOILS WITH CARBON SORBENTS

Yuliia NOSACHOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6431-7128>

Valeriya VEMBER

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0790-5350>

Bohdan HAVRYLCHENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304029>

Keywords: *soil, phytotoxic effect, oil, sorption.*

Abstract

In this work, a study was conducted to study various parameters of the phytotoxic effect in case of soil contamination with crude oil, as well as the possibility of reducing the toxicity of oil-contaminated soils due to the use of sorbents was evaluated. Activated carbon and thermally expanded graphite were used as sorbents. The obtained results indicate that the sorption method can be promising in the revitalization of oil-polluted areas. When thermally expanded graphite was used as a sorbent, the phytotoxic effect did not exceed 20%.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304147>

КАТАЛІТИЧНИЙ КРЕКІНГ ПОЛІСТИРОЛУ НА ЦЕОЛІТНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ

Марина САКАРА, Владислав ІВАНЕНКО, Віктор КУРИЛЕНКО,
Олена ЯНУШЕВСЬКА, Тетяна ДОНЦОВА

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, м. Київ, Україна

e-mail: ivanenko.vladislav@iill.kpi.ua

Анотація

Метою даної роботи є дослідження ефективності каталітичного крекінгу як методу переробки пластикових відходів, зокрема полістиролу, з використанням каталізаторів на основі природного цеоліту. Процес каталітичного крекінгу полістиролу вивчали за температури 170-185 °С, після чого визначали вихід рідкої фракції, яку досліджували ІЧ-спектроскопією. Результати аналізу свідчать про більшу каталітичну активність природного цеоліту.

Ключові слова: пластикові відходи, полістирол, каталітичний крекінг, природні та синтетичні цеолітні каталізатори.

Пластик став невід'ємною частиною нашого повсякденного життя через свою міцність, легкість та відносну дешевизну. Однак його надмірне використання та недостатньо досконалі технології переробки створюють серйозну екологічну загрозу, шкодячи здоров'ю людей, тварин і рослин. Загалом у світі 46% пластикових відходів відправляється на сміттєзвалища, а 22% взагалі не охоплені системою поводження із відходами та перетворюються з часом у сміття. На відміну від інших матеріалів, пластик практично не піддається біодеградації і на його руйнування, за різними експертними оцінками, може знадобитись до 1000 років, через що накопичення пластикових відходів у довкіллі викликають глобальне занепокоєння [1].

Полістирол (PS), відсоток якого у загальному обсязі пластикових відходів складає 20%, дуже повільно піддається біологічному розкладанню в природному середовищі [2], саме тому PS зберігається протягом тривалого часу у довкіллі. У той же час PS є представником полімерів, що відносять до термопластів, які за нагрівання до певної температури здатні оборотно переходити у в'язкотекучий стан, і завдяки цьому PS успішно піддається крекінгу з утворенням більш низкомолекулярних сполук. Каталітичний крекінг є одним з перспективних методів хімічної переробки пластикових відходів у рідке паливо, яке може розглядатись як комерційний продукт [3, 4]. У дослідженні [5] повідомляється про каталітичну деструкцію PS на твердих кислотно-основних каталізаторах, в синтезі яких частково комбінували кислоти і основи для покращення їх селективності по відношенню до рідких продуктів. Було виявлено, що твердий основний каталізатор (KFe/γ-Al₂O₃) виявив ефективність в процесі розкладання PS, селективність виходу стирулу складала 83,2 % при загальному виходу рідких продуктів ~ 83%. Каталізатор показав пролонговану активність і стабільність в роботі, він не потребував регенерації протягом кількох циклів, що є ознакою його перспективного використання в процесах деполімерізації пластиків. У роботі [6] досліджено каталітичне перетворення

полістиролу на цеолітних катализаторах: HZSM-5, H β , HY, and USY. Найбільшу селективність щодо бензолу та етилбензолу показав ультрастабільний цеоліт Y (USY) з великим розміром пор – 5,6 нм. У роботі [7] досліджено процес каталітичного піролізу PS з використанням катализаторів природного цеоліту та синтетичного цеолітів. У каталітичних піролізних продуктах з використанням природного цеоліту, основними сполуками були: стирол (60,8%), метилстирол (10,7%), тоді як у каталітичному піролізі з синтетичним цеолітом, основними сполуками були: альфа-метилстирол (38,4%), стирол (15,8%), бензол (16,3%), етилбензол (9,9%), ізопропілбензол (8,1%). Встановлено, що середнє значення вищої теплотворної здатності (HHV) рідких продуктів каталітичного піролізу з використанням природних цеолітів і синтетичних цеолітів становить 41,7 і 40,6 МДж/кг відповідно. Це свідчить, що отримані рідкі масла можуть бути придатні для опалення та виробництва енергії, що демонструє перспективність використання цеолітів як природного, так і синтетичного походження в процесах термокаталітичних перетворень пластиків, зокрема, полістиролу у рідкі продукти.

Метою роботи є дослідження каталітичної активності катализаторів на основі української сировини для низькотемпературного каталітичного крекінгу полістиролу.

Як катализатори використовували природний цеоліт Сокирницького родовища (ZeO-0) та його кислото-активована форма (ZeO-1). За хімічним складом природний цеоліт містив 65-71% оксиду кремнію (SiO₂) та 11-13% оксиду алюмінію (Al₂O₃), з молярним співвідношенням Si/Al в діапазоні від 4,8 до 5,4. Процес активації природного цеоліту проводили обробкою 2M розчином HNO₃ для збільшення його питомої площі поверхні. Питомою площею поверхні ZeO-0 становила 12 м²/г, а ZeO-1 – 39 м²/г.

Каталітичний крекінг полістиролу проводили наступним чином. У круглодонну колбу засипали наважку зразків полістиролу (25 г) та відповідного катализатора (5 г). Процес відбувався за температури T = 170-185 °C. Температура парів під час конденсація рідкої фази становила T = 115-125 °C. Вихід рідкої фракції за застосування ZeO-0 становила 61,4%, а за застосування ZeO-1 – 52,3%. Рідку фазу аналізували ІЧ-спектроскопією, результати якої наведено на рисунку 1 (спектри мали однаковий характер). Аналіз інфрачервоних спектрів вказує на присутність тільки стиролу в рідких продуктах крекінгу для обох катализаторів.

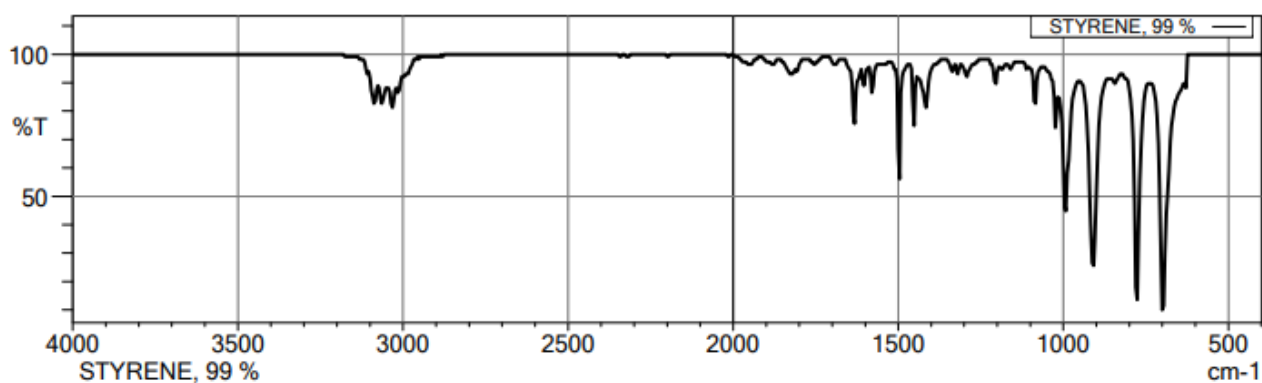


Рис. 1. ІЧ-спектр рідкого продукту внаслідок крекінгу полістиролу із застосуванням ZeO-0 та ZeO-1

Отже, як можна бачити з отриманих даних, найбільш перспективним катализатором є природний цеоліт, де вихід рідкої фази становить на приблизно 10 % більше, аніж у випадку використання кислото-активованого цеоліту. В подальшому планується дослідження каталітичного крекінгу в середовищі водню.

Література

1. Everything you need to know about plastic pollution. UN Environment programme. April 25, 2023. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/everything-you-need-know-about-plastic-pollution>.
2. Ho, B.T., Roberts, T.K., Lucas, S. (2018). An overview on biodegradation of polystyrene and modified polystyrene: the microbial approach. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 38(2), 308–320. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1355293>.
3. Thambiyapillai, S. and Ramanujam, M. (2021). An Experimental Investigation and Aspen HYSYS Simulation of Waste Polystyrene Catalytic Cracking Process for the Gasoline Fuel Production. *Int. Journal of Renewable Energy Development*, 10(4), 891–900. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.33817>.
4. Gonzalez-Aguilar, A.M., Pérez-García, V., Riesco-Ávila, J.M. (2023). A Thermo-Catalytic Pyrolysis of Polystyrene Waste Review: A Systematic, Statistical, and Bibliometric Approach. *Polymers*, 15, 1582. <https://doi.org/10.3390/polym15061582>.
5. Joshi, B., Raghav, H., Agrawal, A., Vempatapu, B.P., Ray, A., Sarkar, B. (2023). Sustainable production of styrene from catalytic recycling of polystyrene over potassium promoted Fe–Al₂O₃ catalyst. *Sustainable Energy Fuels*, 7(5), 1256–1264. <https://doi.org/10.1039/D2SE01584F>.
6. Wang, J., Jiang, J., Sun, Y., Zhong, Z., Wang, X., Xia, H., Liu, G., Pang, S., Wang, K., Li, M., Xu, J., Ruan, R., Ragauskas, A.J. (2019). Recycling benzene and ethylbenzene from in-situ catalytic fast pyrolysis of plastic wastes. *Energy Convers. Manag.*, 200, 112088. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112088>.
7. Rehan, M., Miandad, R., Barakat, M.A., Ismail, I.M.I., Almeelbi, T., Gardy, J., Hassanpour, A., Khan, M.Z., Demirbas, A., Nizami, A.S. (2017). Effect of zeolite catalysts on pyrolysis liquid oil. *Int. Biodeterior. Biodegradation*, 119, 162–175. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.11.015>.

CATALYTIC CRACKING OF POLYSTYRENE ON ZEOLITE CATALYSTS

Marina SAKARA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0000-0108-1760>

Vladyslav IVANENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0007-3844-9611>

Viktor KURYLENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7569-767X>

Olena JANUSHEVSKA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3457-8965>

Tatiana DONTSOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8189-8665>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304147>

Keywords: *plastic waste, polystyrene, catalytic cracking, natural and synthetic zeolite catalysts.*

Abstract

The aim of this study is to investigate the efficiency of catalytic cracking as a method of processing plastic waste, in particular polystyrene, using catalysts based on natural zeolite. The process of catalytic cracking of polystyrene was studied at a temperature of 170-185 °C, after which the yield of the liquid fraction was determined and analysed by infrared spectroscopy. The results of the analysis indicate a higher catalytic activity of natural zeolite.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303413>

ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM COKE PRODUCTION IN CHINA

Nataliia SAMOILENKO, Zhongting XIE

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Kyrpychova St., 2, Kharkiv, 61000, Ukraine

e-mail: Nataliia.Samoilenko@khpi.edu.ua

Abstract

The work considers environmental pollution by coke production using traditional technology in China. The features of emissions and discharges treatment, which are introduced into the practice of treatment systems in industrial production, are determined. The directions of reducing pollutant emissions into the air and natural waters, which provide for an integrated approach that combines regulatory and legal regulation, technical innovations in methods of cleaning polluted streams, introduction of technological methods of coke production, etc. are analyzed and systematized.

Key words: coke production, pollutants, treatment methods, regulation, innovations, technological methods.

China is a leading producer, consumer and exporter of coke in the world. At the same time, there is an urgent need to address the high emissions of pollutants and carbon dioxide associated with traditional coke production in the country [1]. Pollution from volatile organic compounds generated in the coke industry alone accounts for about 7.8-20% of total historical industrial emissions of these substances in China. It is proposed to take stricter and more effective measures for the coke industry regarding coking and gas treatment processes [2]. Considering this situation, an analysis of publications on current trends in reducing environmental pollution may be appropriate when implementing activities to prevent the negative environmental impact of coke production.

Emissions from coke production contain a range of pollutants: particulate matter (PM10 and PM2.5), sulphur dioxide, soot, benzene-soluble substances, benzopyrene, NO_x, H₂S, CO₂, CO and NH₃. The coking process releases volatile organic compounds such as alkanes and alkenes, aromatic compounds, and benzene, which is a Group 1 carcinogen.

To solve the air pollution problems related to the coke industry in China, the Chinese government has issued a number of policy documents [3]. These include regulations on issuing permits for pollutant emissions for the coke industry, monitoring coke ovens, etc.

A special attention is paid to the formation of coke oven gas that needs to be treated. Currently, the following methods are widely used to treat coke oven exhaust gas: absorption, adsorption, condensation, combustion, negative pressure recovery, rotary molecular sieve adsorption concentration technology, RCO, RTO, nitrogen cycle desorption adsorption recovery technology, and biological treatment [4]. To solve the problem of carbon neutrality, China is implementing new ways to utilize coke oven gas, which involves the production of hydrogen, methanol and other "green" alternatives to coke oven gas utilization [1]. Considering that the hydrogen content of coke oven gas

positions it as a promising source on the way to a hydrogen economy [5], it is important for the country to develop this area.

The volume of wastewater generated in the production of coke in China is quite significant and reaches 60 % of the world's volume and contains a large number of various pollutants, including only 300 organic compounds [6]. Coke wastewater contains insoluble (suspended and colloidal) particles, but the main pollutants are phenolic substances and a number of other organic compounds, such as benzene and its derivatives, monocyclic, polycyclic and heterocyclic compounds, petroleum products, fatty acids, etc. [7]. An integrated approach is usually used for wastewater treatment: pretreatment, physical and chemical treatment, and biological treatment [8]. The traditional technology of physical and chemical treatment of coking wastewater mainly includes such methods as adsorption, coagulation precipitation, extraction, etc. After the primary physical and chemical treatment, biological treatment stages are usually applied in bioreactors with activated sludge.

Due to the low biodegradability of coke oven wastewater, the required degree of treatment can be achieved by combining new technologies and bioreactors [7]. There are six different variants of biological treatment processes, classified according to the high (A/A/O, O/A/O, oxic/hydrolytic/oxic (O/H/O)) or low organic load of coking wastewater (A/O, A/O/O, A/A/O, A/A/O/O), and which are applied in real systems in China [7–9]. The integration of anaerobic, anoxic and oxidative processes is promising and can replace traditional biological treatment [10]. It is also advisable to use the SBR process, which is a sequential batch aerobic biological treatment process similar to the oxygenation method, to treat coke oven wastewater [11].

Thus, in order to minimize the negative environmental impact of coke production and comply with the principles of sustainable development, it is necessary to introduce new and improve existing environmentally friendly and energy-saving production technologies and to consider activities in the circular economy.

The analysis of information sources has revealed that the reduction of environmental pollution from coke production in China can be achieved through a comprehensive approach that includes:

- regulatory policy to regulate environmental pollution in the technological sphere of product manufacturing and environmental limitation;
- implementing the most modern methods of treatment of polluted emissions and discharges, as well as conducting research to improve the efficiency of emissions and discharge treatment systems;
- development of scientific research on the development of new and improvement of existing coke production technologies (coal pretreatment and mixing, pyrolysis process, coke quenching processes, fluidized bed coking, impact of environmental standards on coke production, etc.);
- investing in technological innovations to reduce pollutant emissions, save energy and implement the latest emission and discharge treatment technologies.

References

1. Zichen Di, Feixia Lei, Jiankai Jing, Hao Peng, Xi Lu, and Fangqin Cheng. Technical alternatives for coke oven gas utilization in China: A comparative analysis of environment-economic-strategic perspectives. *Environ Sci Ecotechnol*, **2024** DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2024.100395>.
2. Hailin Wang, Run Hao, Li Fang, Lei Nie, Zhongshen Zhang, Zhengping Hao. Study on emissions of volatile organic compounds from a typical coking chemical plant in China. *Sci Total Environ*, **2021** DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141927>.
3. Xiaochun Chen, Jianhui Li, Min Jia, Shaobo Chen, Shangxuan Zhang, Xin Bo, Xue Feng and Guangxia Dong. High Spatial Resolution Emission Inventory of Air Pollutants and Carbon in China's Independent Coking Industry. *Atmosphere*, **2023** DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos14020348>.

4. Gu Xinglin, Hua Xiang, Feng Jianghua, et al. Analysis of Coking Volatile Organic Compounds Treatment[J]. *Shandong Chemical Industry*, **2019** DOI: <https://doi.org/10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2019.11.092>.
5. Gonzalo Moral, Rafael Ortiz-Imedio, Alfredo Ortiz, Daniel Gorri. Hydrogen Recovery from Coke Oven Gas. Comparative Analysis of Technical Alternatives. *Ind. Eng. Chem. Res*, **2022**, 61, 18, 6106–6124. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c04668>.
6. L. Fan, H. Yao, S. Deng, F. Jia, W. Cai, Z. Hu, J. Guo, H. Li. Performance and microbial community dynamics relationship within a step-feed anoxic/oxic/anoxic/oxic process (SF-A/O/A/O) for coking wastewater treatment, *Sci. Total Environ.* **2021**
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148263>
7. Tutić, M. Miloloža, M. Cvetnić, V. Martinjak, L. Furač, M. Markić, Š. Ukić, T. Bolanča and D. Kučić Grgić. An Overview of Coking Wastewater Characteristics and Treatment Technologies. *Kem. Ind.*, **2023**, 72 (5-6), 349–358.
DOI: <https://doi.org/10.15255/KUI.2022.080>
8. Zhang Lunpeng. Coking wastewater treatment and resource utilization technology [J]. *Chemical Engineering and equipment*, **2023**, (10): 202-204.
DOI: <https://doi.org/10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2023.10.041>.
9. C. Wei, J. Wei, Q. Kong, D. Fan, G. Qiu, C. Feng, F. Li, S. Preis, C. Wei, Selection of optimum biological treatment for coking wastewater using analytic hierarchy process. *Sci. Total Environ*, **2020**, 742 (2020)
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140400>.
10. Markus Tamang, Kakoli Karar Paul. Advances in treatment of coking wastewater – a state of art review. *Water Sci Technol*, **2022**, 85 (1): 449–473.
DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2021.497>
11. Su Xing. Analysis on treatment technology of metallurgical coking wastewater[J]. *Heilongjiang Huanjing Tongbao*, **2023**, 36(01):156-158.

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА В КИТАЇ

Наталія САМОЙЛЕНКО

Харківський політехнічний інститут, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0306-8425>

Чжунтін СЕ

Харківський політехнічний інститут, Україна
<https://orcid.org/0009-0008-6946-8521>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303413>

Ключові слова: коксохімічне виробництво, забруднювачі, методи очищення, регулювання, інновації, технологічні методи.

Анотація

У роботі розглянуто забруднення навколишнього середовища при виробництві коксу в Китаї за традиційною технологією. Визначено особливості очищення викидів і скидів, які впроваджуються у практику очисних систем промислового виробництва. Проаналізовано та систематизовано напрями зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та природні води, які передбачають комплексний підхід, що поєднує нормативно-правове регулювання, технічні інновації в методах очищення забруднених потоків, впровадження технологічних методів виробництва коксу тощо.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.301562>

EVALUATION OF EVAPORATION FLUXES FOR LOW VOLATILE HAZARDOUS MATERIALS BASED ON EVAPORATION KINETICS OF NET LIQUIDS

Olena SPASKA

National Aviation University
Lyubomira Guzara Ave., 1, Kiev, 02000, Ukraine
University of Silesia in Katowice
9 Szkolna street, Katowice, 40-006, Poland
e-mail: spaskaolena@ukr.net

Abstract

Evaporation is the phase transition process playing a significant role in many spheres of life and science. Volatilization of hazardous materials, pesticides, petroleum spills, etc., impacts the environment and biosphere. Predicting evaporation fluxes in specific environmental conditions is challenging from theoretical and empirical points of view. A new practical method for estimating fluxes is proposed based on our experimental results and previously published data. It is demonstrated that some parameters in theoretical equations for near-equilibrium evaporation can be estimated from experiments, and these formulas can be exploited to predict steady-state evaporation fluxes in the air in a range of eight orders of magnitude based on a single experiment carried out for nontoxic volatile compounds.

Key words: *evaporation into the air, evaporation kinetics, vapor pressure, hazardous materials, pesticides.*

Evaporation is a liquid-gas phase transfer process commonly occurring in nature. It has multiple applications in the industry and is vital for environmental science. The evaporation of crude oil and petroleum products in industrial storage tanks has not only large economic significance [1], but also contaminates the environment [2]. Air and soil pollution by herbicides impacts human health [3]. Using hazardous compounds in agriculture, chemical plants or laboratories, and even dwellings creates risks to the health and safety of people and animals. For example, one of the critical parameters is the volatilization time of solid or liquid pesticides from crops, plants, and soil [4,5]. These are challenges for environmental science, stimulating the development of methods for predicting the time scale of evaporative loss from chemical spills or estimating the concentrations of hazardous materials in the air.

The molecular mechanisms of evaporation are still not elucidated in most cases. Theoretical investigations of fluid kinetics are limited due to the complexity of the tasks [6]. The two most popular theories of evaporation are Hertz-Knudsen (HK) [7,8] and statistical rate theory (SRT) [9,10]. However, their application is restricted by near-equilibrium and low vapor pressure cases. Under non-equilibrium conditions, evaporation and condensation are coupled. Evaporation depends on the properties of the liquid surface, while condensation depends on the liquid's and the vapor's properties [11]. As a result, the evaporation and condensation coefficients used in the HK theory are different

and extremely hard to measure [8]. The coefficients depend on liquid and vapor temperatures, heat flux, and interface geometry [12].

The SRT provides an alternative expression for the evaporation flux and does not contain fitting parameters. For some systems, calculated fluxes correspond to measured values [8]. The theory has been used to solve a reverse task. Using experimental fluxes, vapor pressures above the interface were calculated and compared with experimental ones [11]. However, the calculations can be done for particular experimental conditions, and compounds' thermodynamic and spectroscopic properties (vibrational frequencies) must be known.

Generally, the evaporation flux depends on actual temperatures above and below the liquid-vapor interface, vapor pressure, and interface contamination. Even the size and shape of liquid samples affect evaporation. The theories of millimeter or micron-sized drop evaporation and evaporation from thin films are discussed in review articles [13,14]. Atomistic computer simulations are possible only for nanoscale systems whose properties significantly differ from macro systems [9,15,16].

For many practical applications and environmental science, predicting evaporation rates in the air from planar surfaces of large areas under different conditions, including airflow or wind, is necessary. Neglecting the high accuracy, based on accurately determined thermodynamic properties of the liquid-vapor systems measured for pure liquids, we have attempted to exploit the functional form of statistical theory equations to fit experimentally obtained evaporation fluxes, substituting unknown parameters with empirical coefficients depending on environmental. The present work aims to establish the relationship between evaporation fluxes and properties of volatile compounds, which hold in different environmental conditions, and propose a method for predicting evaporation fluxes based on minimal experimental measurements. For this purpose, we measured evaporation fluxes from planar surfaces of several liquids using a weight loss method at two temperatures with and without airflow. The obtained correlations are applied to previously published [4,17] experimental data to test the method and generalize the results.

Our experimental data were plotted and linearly fitted according to Eq HK. The results are presented in Figure 1a. If evaporation fluxes differ by several orders of magnitude, the coefficient of determination R^2 mostly depends on highly volatile liquids.

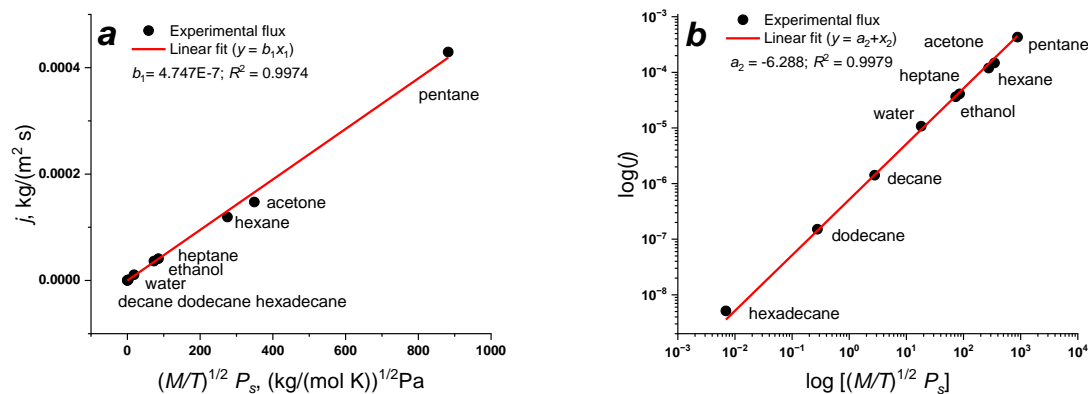


Figure 1. Experimental evaporation fluxes from planar liquid surfaces measured at 293 K and windless conditions (procedure 1) are linearly fitted according to Eq 6 (a) or Eq 7 (b)

The rate of evaporation of liquids poured into glasses can be regulated not only by the temperature and speed of air flow, but also by their volume. Measurements performed under real ambient conditions for reference fluids can be supplemented with results obtained in the laboratory for a larger set of compounds. This will increase the accuracy of forecasts. Reference systems can be non-toxic

volatile liquids. The generalized statistical physics equations were used to calculate evaporation fluxes for the near-equilibrium states.

Based on our experiments and published data, we demonstrated that only one adjustable parameter is enough to estimate the evaporation fluxes of compounds in a broad range, covering several orders of magnitude. This parameter strongly depends on environmental conditions and weakly on the material's properties. The reference and evaluated pure compounds' molar masses and saturation pressures must be known for the estimation. For dissolved compounds, one must know solubility and the Henry volatility.

A simple method for evaporation flux measurements has been proposed. It will increase the accuracy of predictions. Nontoxic, highly volatile liquids can be the reference systems.

Prediction of evaporation flows in specific environmental conditions is a difficult task from a theoretical and empirical point of view. A new practical flow estimation method is proposed based on the obtained experimental results and previously published data. It has been demonstrated that some parameters in the theoretical equations for near-equilibrium evaporation can be estimated from experiments, and these formulas can be used to predict steady-state evaporation fluxes in air in the range of eight orders of magnitude based on one experimented with non-toxic volatile compounds. Based on the obtained results, it is possible to propose a new method of estimating the evaporation rate for actual environmental conditions. For this, the conditions for the liquids selected for experimental measurements must be the same. According to the HK or SRT equations, only one adjustable parameter is needed to estimate other compounds' flux and evaporation rate. Thus, when conducting an experiment, instead of measuring the rate of hazardous or low-volatility materials, the evaporation parameters for non-toxic compounds with high volatility can be used. It can be any reference liquid, even water, but in this case, the humidity of the air will affect the accuracy of the prediction. Only molecular weight and saturation pressure of air are required for calculations.

References

1. Fingas, M. Oil and Petroleum Evaporation. In *Handbook of Oil Spill Science and Technology*; Fingas, M., Ed.; Wiley, **2015**; pp 205–223. <https://doi.org/10.1002/9781118989982.ch7>.
2. Stiver, W.; Mackay, D. Evaporation Rate of Spills of Hydrocarbons and Petroleum Mixtures. *Environ. Sci. Technol.* **1984**, *18* (11), 834–840. <https://doi.org/10.1021/es00129a006>.
3. Woodrow, J. E.; Seiber, J. N.; Baker, L. W. Correlation Techniques for Estimating Pesticide Volatilization Flux and Downwind Concentrations. *Environ. Sci. Technol.* **1997**, *31* (2), 523–529. <https://doi.org/10.1021/es960357w>.
4. Woodrow, J. E.; Seiber, J. N.; Dary, C. Predicting Pesticide Emissions and Downwind Concentrations Using Correlations with Estimated Vapor Pressures. *J. Agric. Food Chem.* **2001**, *49* (8), 3841–3846. <https://doi.org/10.1021/jf010358u>.
5. Van Wesenbeeck, I.; Driver, J.; Ross, J. Relationship between the Evaporation Rate and Vapor Pressure of Moderately and Highly Volatile Chemicals. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **2008**, *80* (4), 315–318. <https://doi.org/10.1007/s00128-008-9380-2>.
6. Rana, A. S.; Saini, S.; Chakraborty, S.; Lockerby, D. A.; Sprittles, J. E. Efficient Simulation of Non-Classical Liquid-Vapour Phase-Transition Flows: A Method of Fundamental Solutions. *J. Fluid Mech.* **2021**, *919*, 1–36. <https://doi.org/10.1017/jfm.2021.405>.
7. Nahar, M. M.; Ma, B.; Guye, K.; Chau, Q. H.; Padilla, J.; Iyengar, M.; Agonafer, D. Review Article: Microscale Evaporative Cooling Technologies for High Heat Flux Microelectronics Devices: Background and Recent Advances. *Appl. Therm. Eng.* **2021**, *194* (February), 117109. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117109>.
8. Persad, A. H.; Ward, C. A. Expressions for the Evaporation and Condensation Coefficients in the Hertz-Knudsen Relation. *Chem. Rev.* **2016**, *116* (14), 7727–7767. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00511>.

9. Kieu, H. T.; Tsang, A. Y. C.; Zhou, K.; Law, A. W. K. Evaporation Kinetics of Nano Water Droplets Using Coarse-Grained Molecular Dynamic Simulations. *Int. J. Heat Mass Transf.* **2020**, *156*. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119884>.
10. Kapoor, A.; Elliott, J. A. W. Nonideal Statistical Rate Theory Formulation to Predict Evaporation Rates from Equations of State. *J. Phys. Chem. B* **2008**, *112* (47), 15005–15013. <https://doi.org/10.1021/jp804982g>.
11. Rahimi, P.; Ward, C. A. Kinetics of Evaporation: Statistical Rate Theory Approach. *Int. J. Thermodyn.* **2005**, *8* (1), 1–14.
12. Jafari, P.; Masoudi, A.; Irajizad, P.; Nazari, M.; Kashyap, V.; Eslami, B.; Ghasemi, H. Evaporation Mass Flux: A Predictive Model and Experiments. *Langmuir* **2018**, *34* (39), 11676–11684. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b02289>.
13. Erbil, H. Y. Evaporation of Pure Liquid Sessile and Spherical Suspended Drops: A Review. *Adv. Colloid Interface Sci.* **2012**, *170* (1–2), 67–86. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2011.12.006>.
14. Plawsky, J. L.; Fedorov, A. G.; Garimella, S. V.; Ma, H. B.; Maroo, S. C.; Chen, L.; Nam, Y. Nano-and Microstructures for Thin-Film Evaporation—A Review. *Nanoscale Microscale Thermophys. Eng.* **2014**, *18* (3), 251–269. <https://doi.org/10.1080/15567265.2013.878419>.
15. Polikarpov, A. P.; Yunusov, I. O.; Polikarpov, P. J. Molecular Dynamics Simulations of Unsteady Evaporation of Thin Liquid Argon Layer into a Vacuum. *Vacuum* **2023**, *208* (October 2022), 111733. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2022.111733>.
16. Lotfi, A.; Vrabec, J.; Fischer, J. Evaporation from a Free Liquid Surface. *Int. J. Heat Mass Transf.* **2014**, *73*, 303–317. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.02.010>.
17. Mackay, D.; Van Wesenbeeck, I. Correlation of Chemical Evaporation Rate with Vapor Pressure. *Environ. Sci. Technol.* **2014**, *48* (17), 10259–10263. <https://doi.org/10.1021/es5029074>.

ОЦІНЮВАННЯ ПОТОКІВ ВИПАРУВАННЯ ДЛЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ МАТЕРІАЛІВ З НИЗЬКОЮ ЛЕТКІСТЮ НА ОСНОВІ КІНЕТИКИ ВИПАРУВАННЯ ЧИСТОЇ РІДИНИ

Олена СПАСЬКА

Сілезійський університет в Катовіце, Польща,
Національний авіаційний університет, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4423-2201>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.301562>

Ключові слова: випаровування в повітря, кінетика випаровування, тиск пари, шкідливі речовини, пестициди.

Анотація

Випаровування – це процес фазового переходу, який відіграє важливу роль у багатьох сферах життя і науки. Випаровування небезпечних матеріалів, пестицидів, розливів нафти тощо впливають на навколишнє середовище та біосферу. Прогнозування потоків випаровування в конкретних умовах навколишнього середовища є складним завданням з теоретичної та емпіричної точок зору. На основі наших експериментальних результатів і раніше опублікованих даних запропоновано новий практичний метод оцінювання потоків. Продемонстровано, що деякі параметри в теоретичних рівняннях для майже рівноважного випаровування можна оцінити з експериментів, і ці формули можуть бути використані для прогнозування стаціонарних потоків випаровування в повітрі в діапазоні величини восьми порядків на основі одного проведеного експерименту для нетоксичних летких сполук.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303476>

UTILIZATION OF MODIFIER FOR ENHANCING THE MECHANICAL PROPERTIES OF CELLULOSE FIBERS

Iryna TREMBUS, Anna HONDOVSKA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

37, Beresteyskyi Avenue, 03056 Kyiv, Ukraine

e-mail: anna_kpi.ihf@ukr.net

Abstract

The utilization of a modifier with active centers allows obtaining new biodegradable cellulose polymers with improved mechanical characteristics. A mixture of epichlorohydrin and triethanolamine was used as the modifier at different consumption rates for treating sulfite bleached softwood fibers. The influence of the modifier consumption on the strength indicators of cellulose was demonstrated. A full factorial experiment was applied as a mathematical processing method to determine the optimal conditions for cellulose fiber modification.

Key words: *cellulose, epichlorohydrin, triethanolamine, modifier, full factorial experiment, mechanical indicators.*

The utilisation of biopolymers as alternatives to synthetic materials represents a pivotal strategy in the context of the concept of sustainable development. Consequently, the investigation of novel chemical agents (modifiers) for the treatment of cellulose fibres with the objective of enhancing their properties represents a significant area of scientific inquiry [1-3].

Cellulose is regarded as one of the most prevalent renewable natural biopolymers. It is distinguished by low toxicity and favourable conditions for biological degradation, as well as being readily amenable to modification processes. In its purest form, cellulose fibres are insoluble in both water and organic solvents, however, their mechanical characteristics do not reach the level of synthetic materials. The utilisation of such a natural polymer to supplant synthetic materials with enhanced mechanical properties enables the reduction of the detrimental impact on the environment and the establishment of an efficacious waste management system [2].

The modification of cellulose fibres was achieved by the use of a modifier, obtained by mixing triethanolamine and epichlorohydrin. The triethanolamine served as the donor of ammonium groups, while the epichlorohydrin acted as a crosslinking agent. The utilisation of such a modifier enables the enhancement of the mechanical characteristics of cellulose fibres and the expansion of their range of applications [4].

The objective of this study is to examine the impact of modifier consumption rates on cellulose fiber properties.

The preparation method of the modifier involved the mixing of epichlorohydrin and triethanolamine in an equimolar ratio of 1:1 in the presence of 1 N hydrochloric acid, followed by an exposure time at 40 °C for varying durations. The chemical reagents interact in a manner illustrated in Fig. 1.

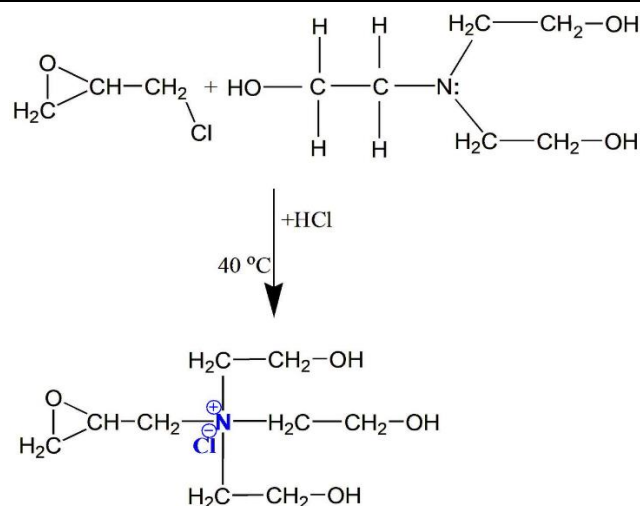


Figure 1 – The mechanism of interaction between epichlorohydrin and triethanolamine

In order to ascertain the active groups that have been formed as a consequence of the interaction between epichlorohydrin and triethanolamine, the IR spectrum of the obtained modifier was subjected to investigation (Fig. 2).

In the IR spectrum of the modifier, absorption bands at 1361 cm^{-1} and 1446 cm^{-1} are attributed to the vibrations of the $-\text{CH}_2-$ groups, respectively, which are present in the fragment of 2-hydroxypropyltriethylammonium chloride formed as a result of the interaction between triethanolamine and epichlorohydrin. The band at 1045 cm^{-1} is attributed to the $-\text{CH}_2-\text{N}$ group. The bands at 2885 cm^{-1} are indicative of the stretching vibrations of $-\text{OH}$ groups, while the band at 3261 cm^{-1} is attributed to the stretching of $\text{C}-\text{N}$ bonds.

The investigated sample exhibits bands in the intensity range from 1250 to 1020 cm^{-1} , which indicates the presence of aliphatic amines $\text{C}-\text{N}$. The sample exhibits intensity in the vibration range from 840 to 870 cm^{-1} , which characterizes the presence of valence vibrations of $\text{C}-\text{N}$ bonds.

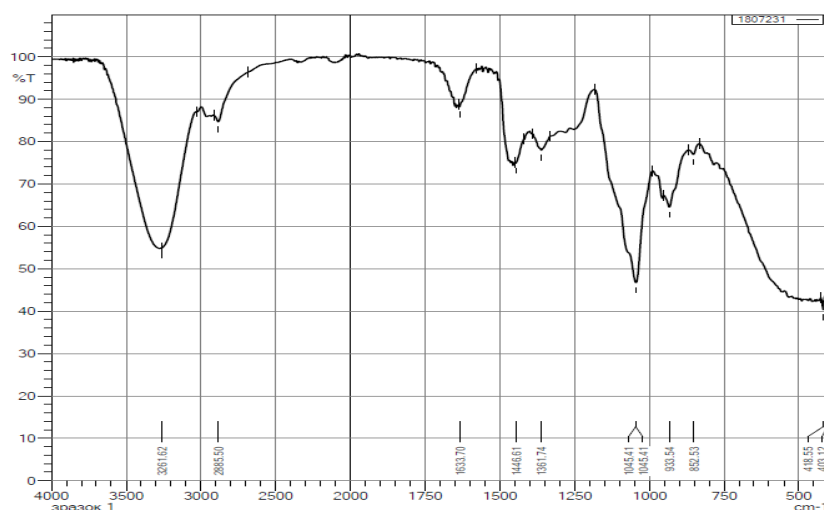


Figure 2 - IR spectrum of the modifier

In order to assess the influence of modifier consumption on the strength indicators of cellulose fibre samples, samples with a mass of 80 g/m^2 were prepared from sulfate bleached softwood

cellulose of grade HB-5. The Schopper-Riegler degree of cellulose beating was found to be 91 ± 2 °SR. The rates of modifier consumption exhibited a range of values between 20 and 50% of the absolute dry fibre mass. The prepared fibrous mass was thoroughly mixed and placed in a thermostat at 40°C for varying durations, ranging from 30 to 120 minutes. The mixing process was conducted at regular intervals of 10 minutes to ensure uniform distribution of the modifier within the cellulose mass.

The strength indicators for the cellulose samples were determined according to the regulatory documents [5-7]: compression resistance, tensile strength, and moisture resistance. The sample testing was conducted in the accredited laboratory of the Institute of Paper LLC. The results of the research are presented in Figure 3.

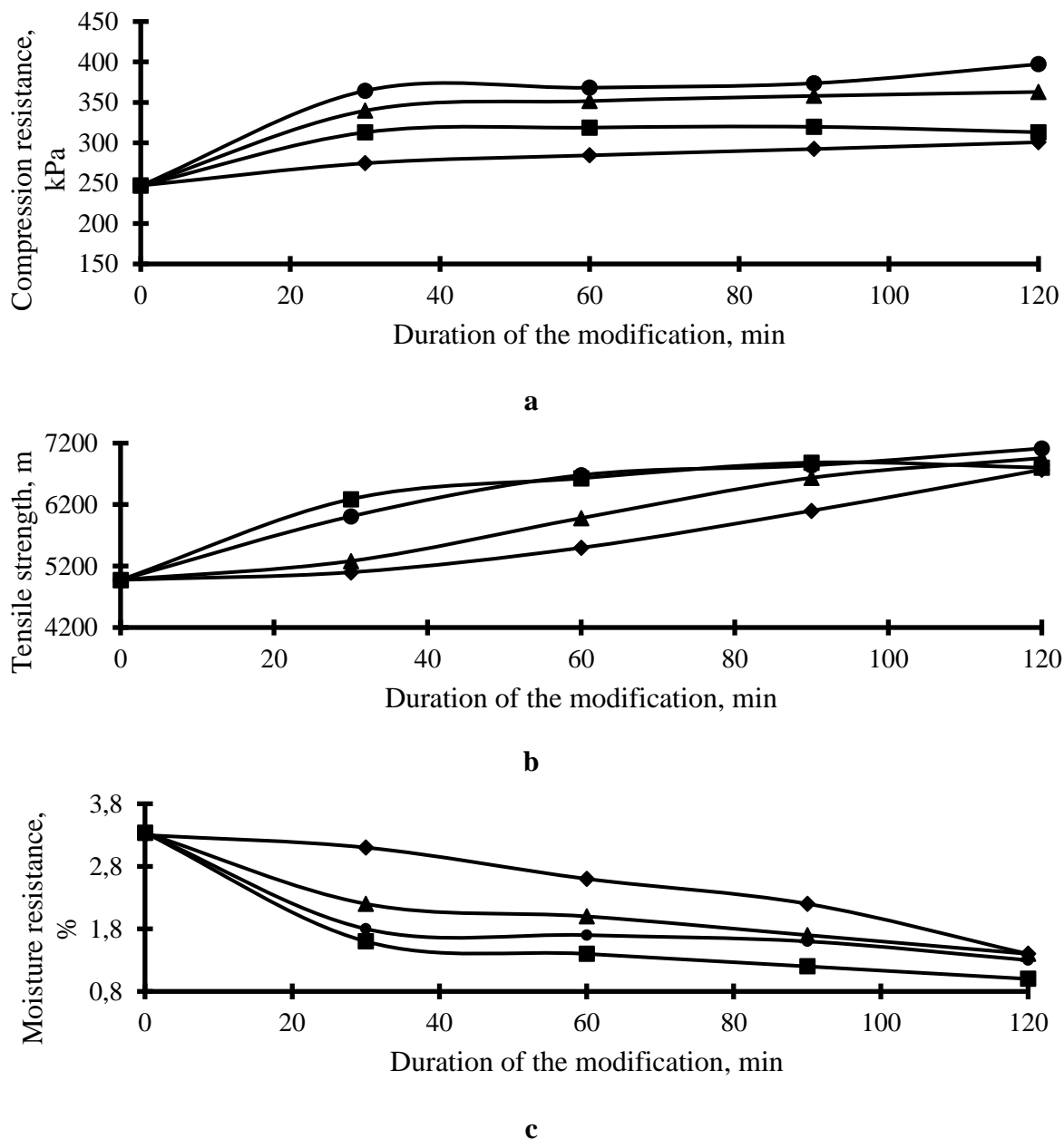


Figure 3 - Dependence of strength indicators (a - compression resistance; b - tensile strength; c - moisture resistance) of cellulose samples on modifier consumption:

◆ - 20 %, ▲ - 30 %, ● - 40 %, ■ - 50 %

The data presented indicates that an increase in modifier consumption and the duration of the cellulose fibre treatment process is associated with a 60 % increase in compression resistance. An increase in modifier consumption has a positive effect on this indicator, due to the active interaction of the OH-groups of cellulose with the active groups of the modifier. Nevertheless, when the modifier consumption reaches 50 % of the absolute dry fiber mass, a reduction in this indicator is observed. At such consumption rates, the OH-groups of cellulose react maximally with the active groups of the modifier, thereby creating obstacles for further cationisation.

With regard to the tensile strength indicator, its alteration is analogous to that observed in compression resistance, thereby substantiating the inefficacy of employing a modifier in excess of 50 % of the absolute dry fibre mass.

In Figure 3(c), the change in the moisture resistance of cellulose samples is demonstrated in relation to modifier consumption. The research has demonstrated that this indicator decreases with increasing modifier consumption. This is due to the reduction of free OH-groups in the cellulose molecule and the disruption of hydrogen bonds between water molecules.

In order to ascertain the optimal conditions for the modification process, a full factorial experiment (FFD) of type 2^n was employed as the mathematical planning method.

The selected quality indicators of the modified cellulose sample are as follows: compression resistance, kPa (Y_1); tensile strength, m (Y_2); moisture resistance, % (Y_3). The initial factors influencing the modification process are chosen as the modifier consumption, % (x_1), and the duration of modification, min (x_2).

The result of the mathematical processing of the modified cellulose fibre production process yielded regression equations that adequately describe the dependencies of the output variables Y_i on the factors x_i :

a) The mathematical model for the physical-mechanical indicator of compression resistance, kPa
 $Y_1 = + 372,29 + 16,069x_1 + 10,031x_2 - 5,0468x_1 \cdot x_2 - 70,186x_1^2 - 0,18281x_2^2$

b) The mathematical model for the physical-mechanical indicator of tensile strength, m
 $Y_2 = + 6557,2 + 398,93x_1 + 559,05x_2 - 381,15x_1 \cdot x_2 - 303,75x_1^2 - 156,37x_2^2$

c) The mathematical model for the physical-mechanical indicator of moisture resistance, %
 $Y_3 = + 1,7594 - 0,5175x_1 - 0,45x_2 + 0,2745x_1 \cdot x_2 + 0,14062x_1^2 - 0,1125x_2^2$

The regression equations indicate that modifier consumption exerts a more pronounced influence on the compression resistance indicator. An increase in consumption results in an increase in the indicator. In contrast, modification duration exerts a more pronounced effect on the tensile strength indicator. Its enhancement is accompanied by a corresponding rise in this indicator.

The modification process parameters exert opposing effects on the moisture resistance indicator. An increase in these parameters results in a reduction in the quality indicator of the cellulose material.

The optimal point is identified when the factor values of x_1 and x_2 assume the following values: modifier consumption $x_1 = 40$ %, modification duration $x_2 = 60$ min. The quality indicators of the cellulose material obtained at the optimum point are as follows: compression resistance – 368,1 kPa, tensile strength – 6680 m, moisture resistance – 1,7 %.

The statistical regression equations $Y_1 - Y_3$ were employed in a multi-criteria optimisation process utilising the Gauss-Seidel method. This enabled the determination of the compromise region for the production of modified cellulose material, contingent on the primary technological parameters (x_i), as illustrated in Fig. 4. The region is situated on the plane $x_1 - x_2$.

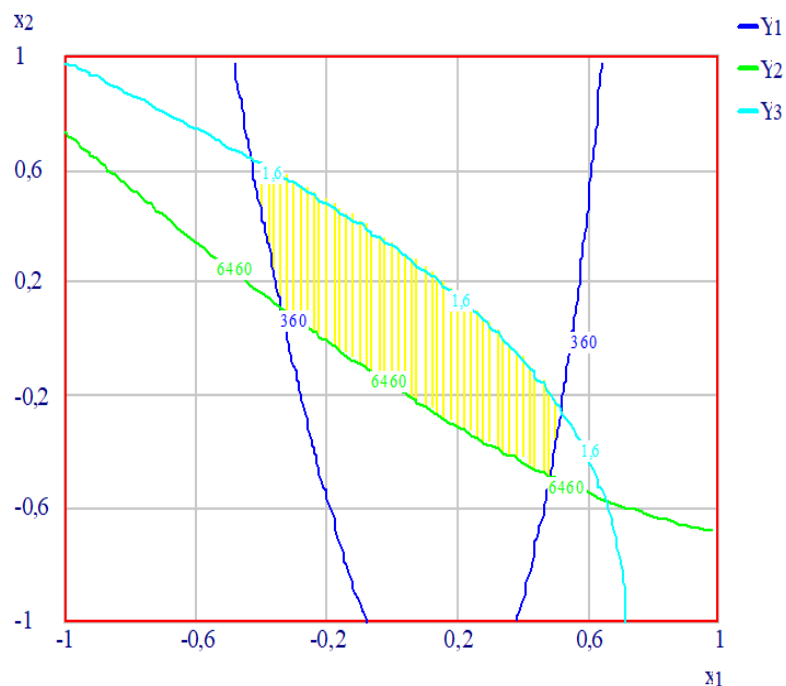


Figure 4 - Compromise region for the modification of sulfate bleached softwood cellulose: Y1 - compression resistance, kPa; Y2 - tensile strength, m; Y3 - moisture resistance, %

Conclusions. The use of a modifier with an ammonium complex allows obtaining cellulose material with improved mechanical properties and expands its application range. Such modified material is more attractive for use as a biodegradable material and can be employed for water purification purposes.

References

1. Fatema N, Ceballos R. M., Fan C. Modifications of cellulose-based biomaterials for biomedical applications. *Front. Bioeng. Biotechnol* **2022**, *10*, 4. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.993711>
2. Sun R., Fang B., Lu Y., Qiu X., Du W. (2018). Rheology and rheokinetics of triethanolamine modified carboxymethyl hydroxyethyl cellulose. *Journal of Dispersion Science and Technology* **2018**, *39*(7), 923–928 doi:10.1080/01932691.2017.1339608
3. Trembus I.V., Mykhailenko N.V., Hondovska A.S. Membranes based on modified cellulose fibers. A review. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Serii: Tekhnichni nauky* **2023**, *34* (73), 40-45 <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/08>
4. Inimfon A. U., Raquel M. D., Lee D. W., John V. H. Adsorption properties of cross-linked cellulose-epichlorohydrin polymers in aqueous solution. *Carbohydrate Polymers* **2016**, *136*, 329–340 [dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.032](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.032)
5. DSTU ISO 2758:2007 (ISO 2758:2001, IDT). Papir. Vyznachennia oporu prodavliuvanniu: [Chynnyi vid 2009–07–01].- K.: Derzh. komitet Ukrainy z pytan tekhn. rehuliuвання ta spozhyvchoi polityky, 2007. – 10 s.
6. DSTU 2334-94 (ISO 1924/1-96). Papir ta karton. Vyznachennia mitsnosti pid chas roztyahuvannia. Chastyna 1. Metod navantazhuvannia z postiinoiu shvydkistiu. Chynnyi vid 1998-01-01 [Tekst]. – K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 1997. – 10 s.
7. DSTU ISO 3781:2005 (ISO 3781:1983, IDT). Papir i karton. Vyznachennia mitsnosti pid chas roztyahuvannia pislia zanyrennia u vodu. Chynnyi vid 2006-07-01 [Tekst]. – K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. – 12 s.

**ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКАТОРА ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВОЛОКОН**

Ірина ТРЕМБУС

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-6985-4424>

Анна ГОНДОВСЬКА

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-9795-768X>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303476>

Ключові слова: *целюлоза, епіхлоргідрин, триетаноламін, модифікатор, повний факторний експеримент, механічні показники.*

Анотація

Використання модифікатора з активними центрами дозволяє отримати нові біодеградабельні целюлозні полімери з покращеними механічними характеристиками. В якості модифікатора було використано суміш епіхлоргідрину та триетаноламіну за різної її витрати для оброблення сульфатних хвойних вибілених волокон. Показано вплив витрати модифікатора на показники міцності целюлози. Застосовано повний факторний експеримент в якості математичної обробки для визначення оптимальних умов модифікації целюлозного волокна.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303742>

ПРОБЛЕМА УТВОРЕННЯ НАКИПУ В ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ВОДОХОЛОДЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЇЇ ЗАПОБІГАННЯ

Вадим ФЕДІН, Інна ТРУС, Марія ТВЕРДОХЛІБ, Микола ГОМЕЛЯ

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, м. Київ 03056, Україна

e-mail: inna.trus.m@gmail.com

Анотація

У роботі розглядається проблема утворення накипу в промислових системах охолодження води та методи її запобігання. Описуються основні типи хімічних антискалантів: фосфати, фосфонати та полікарбоксилати. Аналізуються їхні переваги та недоліки, а також екологічні аспекти. Підкреслюється важливість розробки нових та екологічно безпечних методів запобігання утворенню накипу. Розглядаються перспективні напрямки досліджень у цій галузі. Визначено стабілізаційний та протинакипний ефекти реагенту РТ-110 у водах з різною жорсткістю.

Ключові слова: *накип, антискалант, фосфат, фосфонат, полікарбоксилат, стабілізаційний ефект.*

У зв'язку зі зростанням населення та розвитком промисловості, особливо за останні десятиліття, підвищилися потреби в доступних водних ресурсах, що посилює існуючу кризу дефіциту води. Для подолання дефіциту водних ресурсів у промисловості широко використовуються водоциркуляційні системи охолодження води. Проте при безперервному використанні охолоджувальної води буде збільшуватись концентрація іонів, що призводять до утворення накипу – Ca^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} та SO_4^{2-} . Відкладення неорганічних солей CaCO_3 і CaSO_4 на поверхні трубопроводів обладнання призводить до зниження ефективності передачі тепла та підвищення витрат на експлуатацію та обслуговування обладнання, а також може викликати корозію обладнання внаслідок чого зменшується термін його служби. Тому важливим є застосування ефективних методів запобігання або усунення накипів.

Введення хімічних антискалантів в водоциркуляційну систему охолодження є одним з найбільш економічних і ефективних методів запобігання накипоутворенню.

Комерційно доступні засоби проти накипу можна розділити на три основні категорії: фосфати, фосфонати та полікарбоксилати.

Поліфосфати, особливо гексаметафосфат натрію $(\text{NaPO}_3)_6$ (ГМФН), були першим засобом проти накипу, комерційно доступним для використання [1]. Антискалантна функціональність у фосфатах зумовлена зв'язком $\text{O}-\text{P}-(\text{O})_3$, отриманим у реакціях конденсації ортофосфорної кислоти, у лінійній або циклічній формі [2]. Поліфосфати виконують багато функцій, включаючи поглинання заліза, марганцю та лужноземельних металів, таких як кальцій та магній [2]. Поліфосфати також діють як кристалічні модифікатори кальцієвих та магнієвих відкладень у субстехіометричних кількостях. Основним недоліком ГМФН є гідролітичне розщеплення активної групи $\text{O}-\text{P}-\text{P}$ до ортофосфату, що може посилити утворення накипу

фосфату кальцію [1]. Незважаючи на це, ГМФН все ще використовується, але більш поширений на установках ЗО, які працюють з температурою живильної води нижче 45 °С [3].

Фосфонати – це солі та складні ефіри фосфонової кислоти, $\text{HPO}(\text{OH})_2$, добре розчинні у воді. Фосфонатні засоби проти накипу важливі для очищення води, оскільки вони забезпечують одну або кілька фосфонових груп, які зв'язані зв'язками С–Р з органічним каркасом. Зв'язки С–Р є більш стабільними при вищих температурах, ніж полімерні зв'язки О–Р–О, виявлені в поліфосфатах [2]. Стійкість комплексів підвищується зі збільшенням числа груп фосфонової кислоти. Відмічено, що фосфонати працюють краще, ніж поліфосфати, особливо щодо інгібування відкладень CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ та BaSO_4 . Крім того, інгібуюча дія фосфонатів щодо CaCO_3 є значно вищою порівняно зі шкалою CaSO_4 [2]. Як і поліфосфати, фосфонати також можуть утворювати відкладення фосфату кальцію [4].

Полікарбоксилати характеризуються функціональними групами – COOH . Полікарбоксилатні антискаланти є аніонними низькомолекулярними поліелектролітами. Завдяки аніонній природі полікарбоксилатів ці антискаланти є хорошими хелаторами для багатовалентних катіонів, що призводить до дисперсії осадів та спотворення решітки. Проте ефективність полікарбоксилату проти накипу залежить від молекулярної маси, кількості карбоксильних груп та просторового розташування функціональних груп. Поліакрилати з молекулярною масою в діапазоні 5000–6000 г/моль є найбільш широко використовуваними завдяки їх високій потужності інгібування масштабу та екологічній сумісності [5]. Поліакрилати є високоефективними у запобіганні зародження та кристалізації багатьох мінералів, що утворюють накип, шляхом адсорбції поліакрилатів на ядрах, що розвиваються [5,6,7]. Вибір оптимальної концентрації поліакрилатів є дуже важливим, оскільки нижча концентрація поліакрилатів не буде ефективно пригнічувати утворення накипу, тоді як висока концентрація є неекономічною та може додатково мати інші несприятливі ефекти, такі як гелеутворення [5].

Як вже зазначалося вище, традиційними комерційними засобами проти накипу є поліфосфати, поліфосфонати та поліакрилати. З огляду на схильність поліфосфатів до гідролізу з утворенням ортофосфатів, що може призвести до появи додаткових осадів на поверхні мембрани та екологічні ризики, пов'язані з використанням цього класу антискалантів, останніми роками їх застосування було обмежене. Серед фосфонатів як антискаланти найбільше визнання отримали нітрлотриметрил фосфонова кислота (НТМФК) та оксиетилен дисфосфонова кислота (ОЕДФК) з їх похідними [8]. Фосфонати ефективно запобігають осадженню не лише карбонатів та сульфатів кальцію, а й фосфатів кальцію, що зазвичай не досягається при використанні поліфосфатів як інгібіторів. При цьому величина порогової дії фосфонатів залежить від природи відкладень та застосованого антискалantu. Порівняно з ОЕДФК, НТМФК та її похідні є більш активними з точки зору пригнічення утворення карбонатно-сульфатних осадів кальцію на поверхні мембрани, ймовірно, завдяки наявності аміногруп у структурі молекул НТМФ та сприяють зниженню питомої витрати антискалantu. Особливий інтерес представляє використання суміші НТМФК–ОЕДФК, яка є набагато ефективнішою, ніж кожен компонент окремо, завдяки синергічному ефекту, тобто взаємній активації антинакипних компонентів із результатом покращення їх адитивного інгібуючого ефекту.

Ефективність фосфонатів значно знижується при високому вмісті сполук кремнію у воді [8, 9]. Це пов'язано з тим, що фосфонати перешкоджають насамперед утворенню та росту кристалів, тоді як відкладення сполук кремнію мають аморфну природу [8]. Більш перспективними для запобігання відкладенню сполук кремнію є полімери акрилової кислоти та її похідних, які, як правило, виявляють дисперсійний ефект (поряд з ефектом кристалічної деформації та пороговим ефектом) [8]. Молекули диспергаторів також ефективно запобігають

відкладенню важкорозчинних сполук заліза та марганцю на поверхні мембран [8]. Дослідження впливу акрилатних та метакрилатних полімерів різної структури та молекулярної маси на осадження $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [10] показало високу інгібуючу активність акрилатів порівняно з еквівалентними метакрилатами за рахунок максимальної густини поверхневого заряду на частинках гіпсу у першому випадку через адсорбцію полімеру.

В останні роки скидання хімічних речовин у навколишнє середовище суворо регламентується, у зв'язку з чим вимоги до реагентів стосуються не тільки їх ефективності, але й екологічної безпеки. У роботі [11] показано гостру токсичність концентрату, отриманого при зворотньоосмотичному опрісненні реальних підземних вод з використанням двох типів традиційних антинакипних засобів: фосфонатів, полікарбоксилатів або поліакрилової кислоти. Фосфонати та поліакрилати майже не піддаються біодеградації, а фосфор та азотовмісні антискаланти евтрофікують водні басейни, змінюючи природні біологічні цикли, що призводить до зростання біомаси та загибелі водних організмів через дезоксигенацію води [12].

Досить актуальною є розробка нових ефективних, нетоксичних, небіонакопичувальних та біодеградуючих антискалантів для уникнення екологічних ризиків при викидах концентратів у навколишнє середовище. У роботі [13] розглянуто найбільш перспективні на сьогоднішній день види «зелених» інгібіторів накипоутворення. Наведено результати дослідження дії як традиційних, так і «зелених» антискалантів сучасними методами аналізу (скануючої електронної мікроскопії, рентгенівської дифракції, динамічного розсіювання світла, флуоресцентного мічення) для підтвердження «порогового ефекту» та деформації кристалів та дисперсійні ефекти в процесі інгібування накипоутворення.

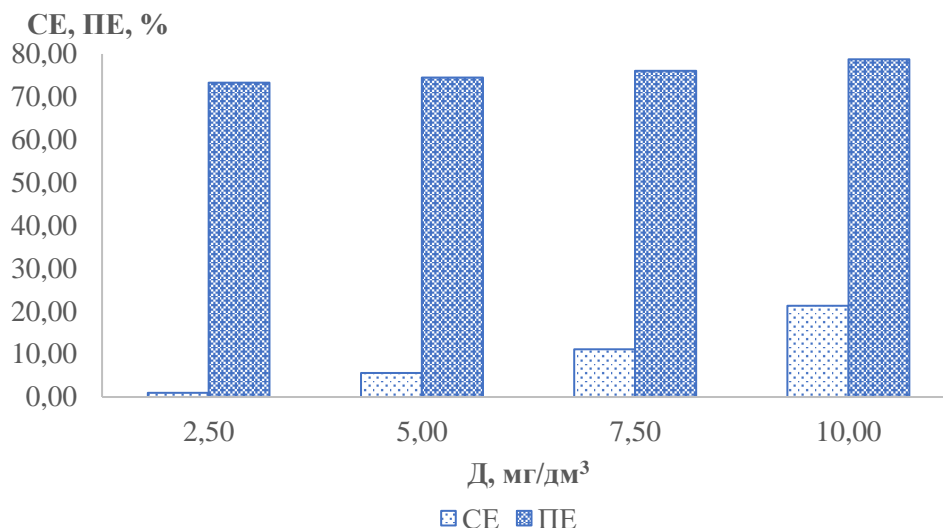
Метою даної роботи є оцінка ефективності використання реагенту РТ-110 в якості антискаланту для оборотних систем водопостачання. Для цього визначали стабілізаційний та протинакипний ефекти даного реагенту у водах з різною жорсткістю.

В роботі використовували модельні розчини з показником жорсткості води 7,33 та 14,65 мг-екв/дм³ за різних доз антискаланту. Для дослідження стабілізаційної обробки води використовували антискалант, що має такі характеристики: зовнішній вигляд – рідина світло жовтуватого кольору; Густина при 20 °С – 1,28 г/см³; водневий показник реагенту рН = 8,30; розчинність у воді – повна. Комплексний реагент містить інгібітори корозії, диспергент, ПАР, комплексоутворювач. Даний реагент призначений для хімічного оброблення води, що подається до парових та водогрійних котлів, теплообмінного обладнання для запобігання карбонатних та залізистих відкладень. Стабілізаційний ефект (СЕ) та протинакипний ефекти (ПЕ) розраховували за формулами [14]. Дослідження проводили протягом 2 годин при температурі 80 °С, для чого використовували термостат. Об'єм проб при проведенні досліджень становив 100 см³. Дози антискаланту змінювали в межах 2,50 – 10,0 мг/дм³. Після охолодження проби фільтрували та визначали в них залишкову жорсткість.

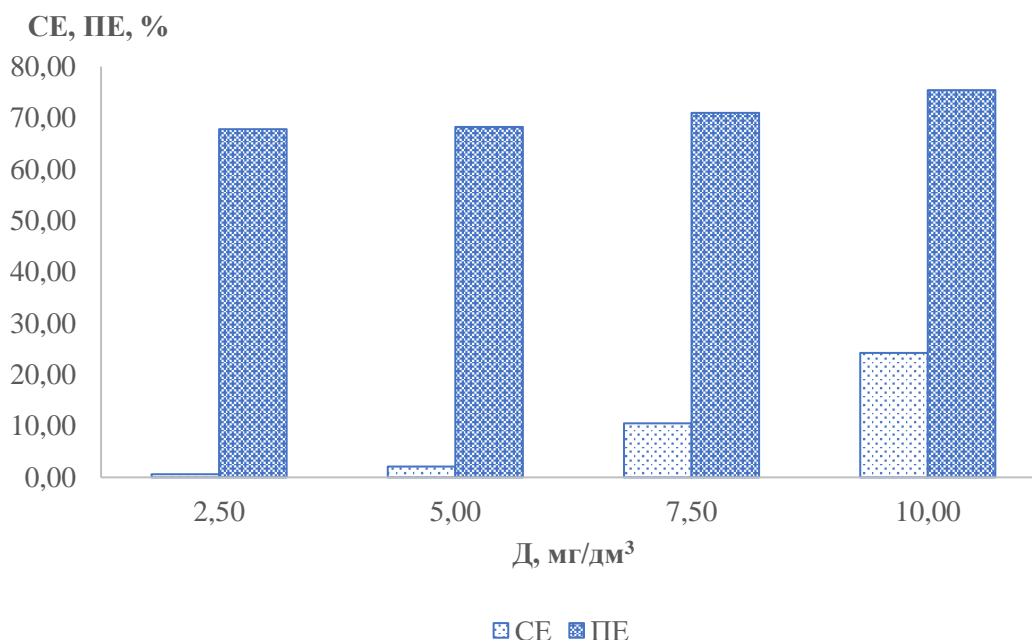
При підвищенні доз від 2,5 до 10,0 мг/дм³ протинакипний ефект збільшується від 73,31 до 78,77 % та від 67,78 до 75,43 % для вод з жорсткістю 7,33 (рис. 1а) та 14,65 мг-екв/дм³ (рис. 1б) відповідно.

Стабілізаційний ефект при дозі 10,0 мг/дм³ становить 21,27 % (рис. 1а) та 24,21 % (рис. 1б). Очевидно, що при даних дозах ефективність стабілізаційної обробки води є досить низькою.

Можливо при підвищенні дози антискаланту ефективність вдасться підвищити, тому подальші дослідження варто проводити при вищих дозах антискаланту.



а



б

Рис. 1. Вплив дози антискалantu PT-110 на стабільність розчинів з вихідною жорсткістю 7,33 мг-екв/дм³ (а) та 14,65 мг-екв/дм³ (б) (Т = 80°C, t = 2 години)

Висновки

Використання води в промисловості, особливо в системах охолодження, призводить до утворення накипу на поверхні труб та обладнання. Це знижує ефективність теплопередачі, збільшує витрати на експлуатацію та обслуговування, а також може призвести до корозії та зменшення терміну служби обладнання.

Для запобігання утворенню накипу використовуються хімічні антискаланти. Їх можна поділити на три категорії: фосфати, фосфонати та полікарбоксилати. Фосфати, хоча й дешеві та ефективні, мають екологічні ризики та схильні до гідролізу. Фосфонати більш екологічні та

стійкі до гідролізу, але й дорогі. Полікарбосилати екологічні та ефективні проти широкого спектру осадів, але можуть бути дорогими. Вибір оптимального антискалтанту залежить від багатьох факторів, таких як склад води, температура, тиск та тип обладнання.

Дослідження нових та екологічно безпечних методів запобігання утворенню накипу є важливим напрямком розвитку промислових систем охолодження води. Проведені дослідження стабілізаційної обробки води з жорсткістю 7,33 – 14,65 мг-екв/дм³ антискалтантом РТ-110 при дозі 10,0 мг/дм³ дозволили отримати протинакипний ефект на рівні 75 – 78 % та стабілізаційний ефект – 21 % – 24 %.

Література

1. Darton E. G. Membrane chemical research: centuries apart / E. G. Darton // *Desalination*. – 2000. – № 132(1-3). – P. 1-11. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00141-7).
2. Ghani S. Impacts of different antiscalant dosing rates and their thermal performance in Multi Stage Flash (MSF) distiller in Kuwait / S. Ghani, N. S. Al-Deffeeri // *Desalination*. – 2010. – № 250(1). – P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.077>.
3. Al-Shammiri M. Evaluation of two different antiscalants in real operation at the Doha research plant / M. Al-Shammiri, M. Safar, M. Al-Dawas // *Desalination*. – 2000. – № 128(1). – P. 1-16. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00019-9).
4. Dahan H. A. E. Gypsum scale control by phosphate ester / H. A. E. Dahan, H. S. Hegazy // *Desalination*. – 2000. – № 127(2). – P. 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(99\)00196-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(99)00196-4).
5. Yuchi A. Potentiometry of effective concentration of polyacrylate as scale inhibitor / A. Yuchi, Y. Gotoh, S. Itoh // *Analytica Chimica Acta*. – 2007. – № 594(2). – P. 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.05.049>.
6. Ahmed S. B. Influence of a polyacrylate antiscalant on gypsum nucleation and growth / S. B. Ahmed, M. M. Tlili, M. B. Amor // *Crystal Research and Technology*. – 2008. – № 43(9). – P. 1-8. <https://doi.org/10.1002/crat.200800066>.
7. Jada A. Effect of sodium polyacrylate molecular weight on the crystallogensis of calcium carbonate / A. Jada, R. A. Akbour, C. Jacquemet, J. M. Suau, O. Guerret // *Journal of Crystal Growth*. – 2007. – № 306(2). – P. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2007.05.046>.
8. Orestov E. O. Physical and chemical principles of action of reverse osmosis membrane fouling inhibitors and methods of optimal usage thereof / E. O. Orestov, T. E. Mitchenko // *Water and water purification technologies scientific and technical news*. – 2013. – № 12(2). – P. 1-25. <https://doi.org/10.20535/2218-93001222013138220>.
9. Tomson M. B. Mechanisms of mineral scale inhibition / M. B. Tomson, G. Fu, M. A. Watson, A. Kan // *SPE Production & Facilities*. – 2002. – № 18(3). – P. 1-8. <https://doi.org/10.2118/84958-PA>.
10. Rahman F. Calcium sulfate precipitation studies with scale inhibitors for reverse osmosis desalination / F. Rahman // *Desalination*. – 2013. – № 319. – P. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.03.027>.
11. Feiner M. Increased RO concentrate toxicity following application of antiscalants – Acute toxicity tests with the amphipods *Gammarus pulex* and *Gammarus roeseli* / M. Feiner, S. Beggel, N. Jaeger, J. Geist // *Environmental Pollution*. – 2015. – № 197. – P. 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.11.021>.
12. Chaussemier M. State of art of natural inhibitors of calcium carbonate scaling: a review article / M. Chaussemier, E. Pourmohtasham, D. Gelus, N. Pécoul, H. Perrot, J. Lédion, H. Cheap-Charpentier, O. Horner // *Desalination*. – 2015. – № 356. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.10.014>.

13. Melnik L. A. Antiscalants in the Process of Reverse Osmosis: Antiscalating Mechanism and Modern Problems of Application / L. A. Melnik, D. D. Kucheruk, G. N. Pshinko // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2020. – № 42(6) – P. 1-25.
<https://doi.org/10.3103/S1063455X20060077>.

14. Trus I. Development of Resource-Saving Technologies in the Use of Sedimentation Inhibitors for Reverse Osmosis Installations / I. Trus, M. Gomelya, M. Skiba, T. Pylypenko, T. Krysenko // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – № 23(1) – P. 1-10.
<https://doi.org/10.12911/22998993/144075>.

THE PROBLEM OF SCALE FORMATION IN INDUSTRIAL WATER COOLING SYSTEMS AND PREVENTION METHODS

Vadym FEDIN

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0001-4016-2042>

Inna TRUS

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6368-6933>

Mariia TVERDOKHLIB

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9731-1969>

Mykola GOMELYA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303742>

Keywords: *scale, antiscalant, phosphate, phosphonate, polycarboxylate, stabilization effect.*

Abstract

The paper considers the problem of scale formation in industrial water cooling systems and methods of its prevention. The main types of chemical antiscalants are described: phosphates, phosphonates and polycarboxylates. Their advantages and disadvantages, as well as ecological aspects, are analyzed. The importance of developing new and environmentally safe methods of preventing scale formation is emphasized. Prospective directions of research in this field are considered. The stabilization and anti-scale effects of PT-110 reagent in waters with different hardness were determined.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304474>

MEMBRANES FROM RENEWABLE MODIFIED RAW MATERIALS

Svitlana SHYKUNOVA¹, Vita HALYSH^{1,2}

¹ Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,
Beresteisky Avenu 37, Kyiv, 03056, Ukraine

² Chuiko Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine
General Naumov St.17, Kyiv, 03164, Ukraine

e-mail: v.galysh@gmail.com

Abstract

The work describes the result of the investigation of the effect of monoethanolamine and epichlorohydrin on the properties of membrane from modified cellulosic fibers. The consumption of modifiers and the duration of cellulose fiber modification have a significant impact on the structure of the obtained membranes and their properties. The applied chemical reagents act as plasticizers. The obtained membranes are characterized by high strength and elasticity. A simultaneous increase in the consumption of monoethanolamine and epichlorohydrin, as well as the temperature of the process, leads to a decrease in the productivity of the membranes.

Keyword: *membrane, cellulose, modification, filtration, productivity.*

In connection with the constant increase in the pollution of natural water, there is a need to ensure access to high-quality drinking water. This can be achieved by thorough wastewater treatment, in particular by filtering through highly selective materials. To date, the creation of new membranes for use in water treatment to remove harmful compounds from water is still an important task for researchers in the field of ecology. Membrane technologies are considered quite effective in removing various pollutants from water, providing effective wastewater treatment. The use of plant-based natural polymers is well known in the wastewater treatment [1, 2]. Cellulose application in the manufacture of membranes is necessary and promising, but their widespread use is limited by mechanical parameters and unsatisfactory selectivity. To solve this problem, it is possible to give the cellulose fiber the necessary characteristics by modifying it.

The paper presented the result of the investigation of the influence of monoethanolamine and epichlorohydrin on the properties of membrane from modified cellulose fibers. As a raw material, sulfated coniferous bleached cellulose was used. Cellulose was cut to the size of 1 x 1 cm and soaked in a desiccator with distilled water for 20 minutes for swelling. Then the mass was grinded to the degree of grinding 92 ± 2 °SR. Modification of the prepared cellulose was carried out at a mass concentration of 4%. The consumption of modifying substances was 5-15% of the mass of cellulose fiber. The ratio of monoethanolamine:epichlorohydrin was 1:1. Duration of modification was 2-6 hours. Temperature was 120-240 min. After the end of the modification process, the suspension was diluted with water to achieve a fiber concentration of 0.4% and membranes were formed. In laboratory conditions membranes were formed using laboratory sheet-casting apparatus and Buchner funnel. Membrane sheets were prepared with a weight of 80 g/m². The results of the study indicate that the process of forming cellulose membranes significantly affects their structural properties (Fig

1). The process of membranes formation on a laboratory sheet-casting apparatus is accompanied by significant fiber losses, as a result of which sheets were obtained with the weight that did not correspond to the calculated mass. Fiber losses are quite strongly dependent on the content of modifying substances in the fiber suspension. When the content of monoethanolamine and epichlorohydrin increased from 5 to 15%, the turbidity of sub-net waters visually decreased. In general, fiber losses were 35-20%. Moreover, the greater the consumption of modifiers, the smaller the fiber loss.

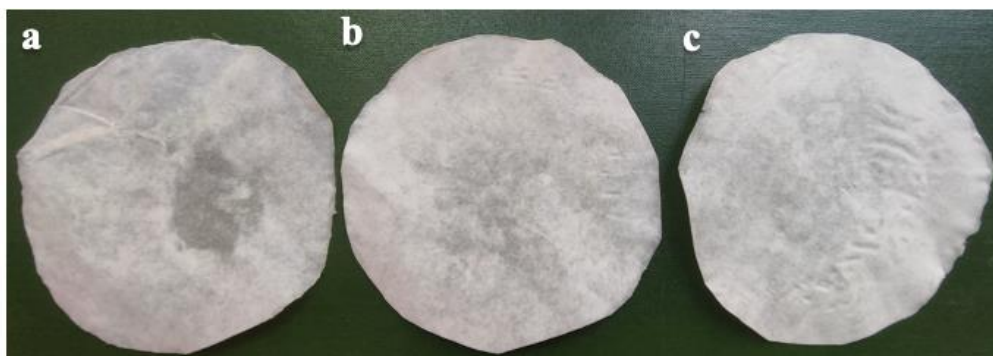


Figure 1. The results of the formation of cellulose membranes: a) with modifiers consumption of 5%; b) with a modifier consumption of 10%; c) with modifiers consumption of 15%

It is obvious that the modifier acts as a binding agent. Research results indicate that with an increase in modifier consumption from 5 to 15%, the thickness of membrane increases from 6.4 to 9.6 microns.

It is also worth noting that the drying temperature significantly affects the structure of the membranes. It is obvious that the increased drying temperature contributes to significant plasticization of the modifier on the surface of the cellulose fiber, as a result of which the finished samples become significantly stiffer. Membrane samples dried at room temperature are characterized by high plasticity and elasticity

Modifier content affects performance, as does cellulose fiber modification temperature. In the case of an increase in the content of the modifier, a decrease in the performance of the membranes is observed.

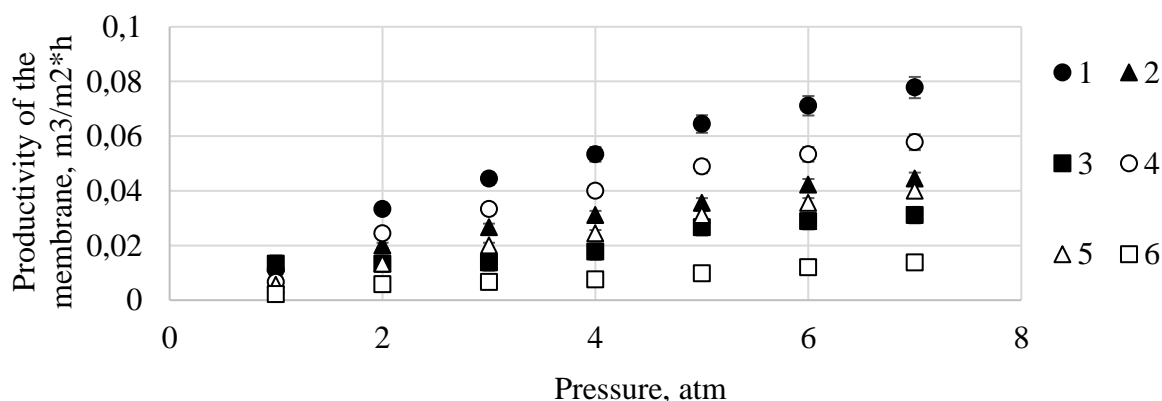


Figure 2. The effect of pressure on the productivity of membranes made from modified cellulose fiber, obtained with different modifiers content and at different temperature: 1 –5%, 20 °C; 2 – 5%, 40 °C; 3 –5%, 60 °C; 4 –15%, 20 °C; 5 –15%, 40 °C; 6 –15%, 60 °C

The obtained results can be used as a basis for further research related to the optimization of the parameters of obtaining and using membranes from modified cellulose fiber.

References

1. Trembus, I.; Hondovska, A.; Halysh, V.; Deykun, I.; Cheropkina, R. Technology for Agricultural Residues Utilization for the Obtaining of Value-Added Products. *Ecological Engineering & Environmental Technology* **2022**, 2, 1-8. <http://doi.org/10.12912/27197050/145732>.
2. Shkliarenko, Y.; Halysh, V.; Nesterenko, A. Adsorptive performance of walnut shells modified with urea and surfactant for cationic dye removal. *Water* **2023**, 15(8), 1536. <http://doi.org/10.3390/w15081536>.

МЕМБРАНИ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ МОДИФІКОВАНОЇ СИРОВИНИ

Світлана ШИКУНОВА

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Україна
<https://orcid.org/0009-0003-4793-6041>

Віта ГАЛИШ

<https://orcid.org/0000-0001-7063-885X>
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського,
Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Україна

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304474>

Ключові слова: мембрана, целюлоза, модифікація, фільтрація, продуктивність.

Анотація

У роботі описано результати дослідження впливу моноетаноламіну та епіхлоргідрину на властивості мембрани з модифікованих целюлозних волокон. Витрата модифікаторів і тривалість модифікації целюлозних волокон суттєво впливають на структуру отриманих мембран та їх властивості. Використані хімічні реагенти виконують роль пластифікаторів. Отримані мембрани характеризуються високою міцністю та еластичністю. Одночасне збільшення витрати моноетаноламіну та епіхлоргідрину, а також температури процесу призводить до зниження продуктивності мембран.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304109>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ СТІЙКОСТІ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ У СИСТЕМАХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Микола ЯЦКОВ^{1,2}, Наталія КОРЧИК^{1,2}, Володимир БЕСЕДЮК², Захар МАЛЕЦЬКИЙ³

¹ВСП "Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП"

вулиця Вишиванка, 35, м. Рівне, 33027, Україна

²Національний університет водного господарства та природокористування

вулиця Соборна, 11, м. Рівне, 33000, Україна

³Норвезький університет наук про життя

Elizabeth Stephansens v. 15, Ås, 1433, Норвегія

e-mail: v.y.besediuk@nuwm.edu.ua

Анотація: В роботі досліджено зміни протолітичної дії в процесах дестабілізації/стабілізації сироваткових білків у системах очищення стічних вод молочних підприємств шляхом зміни концентрацій іонів стабілізаторів Ca^{2+} та PO_4^{3-} . Встановлено, що α -лактоальбумін (α -La) є чутливим до високих концентрацій іонів Ca^{2+} , а β - та β -с-лактоглобуліни (β -Lg) до присутності іонів PO_4^{3-} загалом. Для забезпечення вилучення цільових фракцій α -La та β -Lg необхідно вилучати іони Ca^{2+} та PO_4^{3-} відповідно. Отримані результати можливо використовувати для наступного дослідження процесів фракційного вилучення сироваткових білків у системах очищення стічних вод, з метою їх наступної утилізації у виробництві білкових продуктів та адитивів.

Ключові слова: молочна сироватка, сироваткові білки, іони стабілізатори, буферна дія, буферна інтенсивність, системи очищення стічних вод.

Відомо, що молочна сироватка може складати до 90 % від загального обсягу рідких відходів молочних підприємств та потрапляючи у системи очищення стічних вод може викликати порушення їх роботи. Зокрема, дослідження свідчать, що незарегульоване окисно-відновне середовище сироватки може призвести до зниження ефекту очищення як в аеробних так і в анаеробних умовах [1]. Також, відомі результати досліджень, які свідчать про негативний вплив вмісту сироватки на ступінь фізико-хімічного очищення стічних вод. Зокрема, ступінь обробки висококонцентрованих стоків, що містять сироватку, гірший на 50 % порівняно з результатами, отриманими для низькоконцентрованих стоків [2]. Значною мірою труднощі очищення стічних вод, які містять сироватку, пов'язані із високим рівнем органічного навантаження, зокрема із високим вмістом білкових компонентів. Застосування ефективних мембранних методів у системах очищення стічних вод здебільшого є недоступним для вітчизняних підприємств. Таким чином, присутність сироватки у стічних водах впливає як на біологічні, так і на фізико-хімічні процеси очищення, що може викликати забруднення поверхневих водойм та навколишнього середовища загалом.

Водночас з розвитком проблеми очищення та переробки сироватки був сформований новий підхід, згідно з яким сироватка вважається перспективним поживним ресурсом майбутнього. Дослідження показали, що обробка висококонцентрованих стічних вод, що

містять сироватку, потребує значних витрат, що обумовило тенденцію до валоризації сироватки – стійкої обробки та вилучення її цінних компонентів [3]. У цьому контексті важливо також враховувати високу харчову цінність сироватки за усіма її складовими (енергетична цінність, біологічна цінність, фізіологічна цінність та фізіологічна активність) [4]. Найбільш поширеним напрямом валоризації сироватки є виробництво білкових продуктів та інших адитивів із вилучених білкових компонентів молочної сироватки. Особливої уваги потребують такі галузі, як виробництво продуктів дитячого харчування, м'ясна промисловість та виробництво продуктів фізіологічно-функціонального призначення. Це обумовлено тим, що молочна сироватка містить такі білкові фракції як β -лактоглобуліни (β -Lg) та α -лактоальбуміни (α -La). β -Lg не міститься у жіночому молоці і є алергеном для немовлят, водночас даний білок широко використовується у м'ясній промисловості, а α -лактоальбумін, навпаки, є первинним білком жіночого молока та широко використовується у виробництві продуктів дитячого харчування та продуктів фізіологічно-функціонального призначення [5,6]. З огляду на це, *актуальним є дослідження процесів вилучення білкових компонентів сироватки, зокрема таких фракцій як β -Lg та α -La.*

Поряд із цим, вилучення білків пов'язане із порушенням їх агрегативної стійкості, до складових якої входять і стабілізатори, зокрема іони Ca^{2+} та PO_4^{3-} . Відомо, що взаємодія між мінеральними компонентами та білками визначає електростатичний, гідрато-сольвативний та структурний фактори агрегативної стійкості останніх. Водночас агрегативна стійкість білків є тісно пов'язаною із процесами протонування-депротонування, що характеризується протолітичною дією. Відомо, що іонами стабілізаторами зумовлюється до 65 % протолітичної дії сироваткових білків, а стабілізація білків від динамічної рівноваги протонування-депротонування залежить від рН і тісно пов'язана з переносом електрона, а отже і від окисно-відновного потенціалу середовища (Eh). Таким чином, *доцільним є проведення досліджень щодо впливу змін концентрацій іонів Ca^{2+} та PO_4^{3-} на протолітичну дію сироваткових білків, з метою визначення основних закономірностей порушення факторів агрегативної стійкості білків для наступного очищення у системах очищення стічних вод.*

Зміни протолітичної дії досліджували на основі кривих буферної інтенсивності, яка відображає залежність зміни буферної ємності від зміни рН середовища. Досліджувались зразки супернатантів молочної сироватки отримані методом ультрацентрифугування. У таблиці 1 наведені основні характеристики отриманих зразків для аналізу кривих буферної інтенсивності за іонами Ca^{2+} та PO_4^{3-} . На рис. 1 та 2 наведено отриманні криві буферної інтенсивності за іонами Ca^{2+} та PO_4^{3-} відповідно.

Таблиця 1. Концентрації іонів стабілізаторів Ca^{2+} та PO_4^{3-} у зразках, що досліджувались

Крива	Додана концентрація іонів стабілізаторів, г/100 см ³
Зразки сироватки з додаванням іонів Ca^{2+}	
Контроль	0
Крива 1	0,05
Крива 2	0,12
Зразки сироватки з додаванням іонів PO_4^{3-}	
Контроль	0
Крива 1	0,05
Крива 2	0,15
Крива 3	0,2
Крива 4	0,25

Аналізуючи дані з рис. 1, встановлено, що протолітична дія білків в діапазоні рН 6,5-4,5 незначно змінюється для контрольного зразка (зменшується на 10 %), збільшується на 92 % для зразка після додавання Ca^{2+} в концентрації $0,05 \text{ г/100 см}^3$ та збільшується на 580 % після додавання Ca^{2+} з концентрацією $0,12 \text{ г/100 см}^3$. Отже, підвищення концентрації іонів Ca^{2+} викликає спочатку падіння протолітичної дії для рН = 6,5 від 45 до 80 %, а потім забезпечує її стрімкий ріст до 580 % для зразка з вищою концентрацією Ca^{2+} . Водночас для протолітичної дії у досліджуваному діапазоні характерним є коливальний характер із відповідними точками перегину. Для контрольного зразка характерні дві точки перегину: рН = 5,9 з наступним збільшенням, рН = 4,9 з наступним зменшенням. Для зразка № 1 характерні дві точки перегину: рН = 6,1 з наступним збільшенням та рН = 4,9 без помітних змін далі (зміна динаміки у порівнянні з контролем). Для зразка № 2 характерні дві точки перегину: рН = 5,9 з наступним зменшенням (динаміка змінилась у порівнянні з контролем та зразком № 1) та рН = 5,5 з наступним збільшенням (змінилось значення рН точки перегину та динаміка у порівнянні з попередніми зразками). Точки перегину рН = 5,9 та 6,1 для усіх трьох зразків співпадають із значеннями ізоелектричного стану (рІ) для імуноглобулінів (рІ = 5,5-8,3). Точки перегину рН = 4,9 для контрольного зразка та зразка № 1 співпадають із значеннями рІ для α -лактоальбуміну (рІ = 4,2-4,8) та сироваткового альбуміну (рІ = 4,8). Для зразка № 2 з високою концентрацією Ca^{2+} , друга точка перегину децю змістилась до 5,5, що співпадає із значеннями рІ для β -лактоглобулінів (рІ = 4,9-5,4) та певних груп імуноглобулінів (рІ = 5,5-8,3).

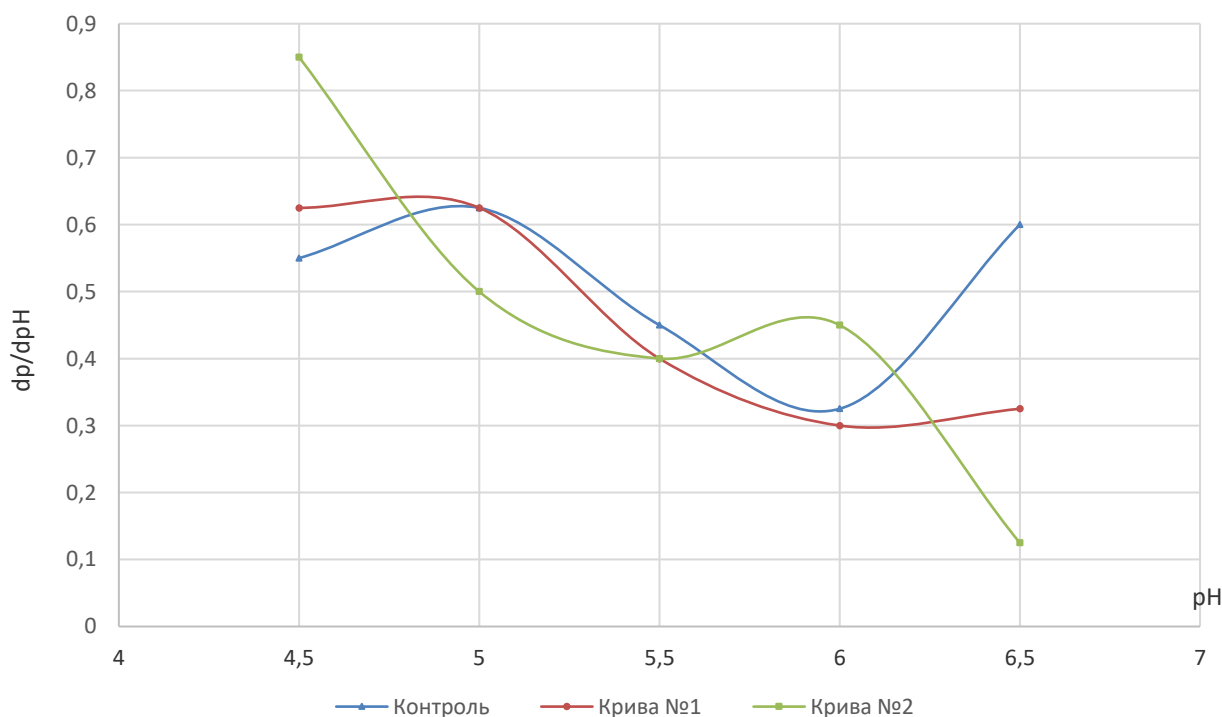


Рис. 1. Криві буферної інтенсивності за іонами Ca^{2+}

Таким чином, дослідження кривих буферної інтенсивності за іонами Ca^{2+} дозволяють ідентифікувати чітку залежність зміни протолітичної дії при зростанні концентрації іонів стабілізаторів Ca^{2+} , а також залежність зміни динаміки протолітичної дії при досягненні значень рІ білкових фракцій. Також, можна стверджувати про вплив концентрації

стабілізатора Ca^{2+} на зміни структури білкових молекул, адже при її зміні змінюються і групи білків, що набувають ізоелектричного стану. Зокрема, встановлено, що для усіх зразків характерним є набуття ізоелектричного стану для таких білків, як імуноглобуліни ($pI = 5,5-8,3$). Водночас для контрольного зразка та зразка з меншою концентрацією Ca^{2+} ($0,05 \text{ г/100 см}^3$) характерним є набуття ізоелектричного стану тими фракціями, які не набувають його у зразку з найвищою концентрацією Ca^{2+} ($0,12 \text{ г/100 см}^3$), зокрема це α -лактоальбумін ($pI = 4,2-4,8$) та Сироватковий альбумін ($pI = 4,8$). Це свідчить про те, що α -лактоальбумін є чутливим до високих концентрацій іонів Ca^{2+} , що може бути пов'язаним із процесами зв'язування білками іонів, що як наслідок унеможливує досягнення ізоелектричного стану, за якого рівень агрегативної стійкості білків є найнижчим.

Аналізуючи дані з рис. 2, встановлено, що більш складна залежність протолітичної дії від вмісту іонів PO_4^{3-} пояснюється взаємодією іонів PO_4^{3-} із молекулами білка та з іонізованим кальцієм. Встановлено, що протолітична дія білків в діапазоні pH 7,0-4,5 для контрольного зразка збільшується на 500 %, для зразка №1 збільшується на 760 %, для зразка № 2 збільшується на 257 %, для зразка № 3 збільшується на 122 %, для зразка № 4 збільшується на 108 %. Отже, підвищення концентрації іонів PO_4^{3-} викликає поступовий спад росту протолітичної дії. Водночас для протолітичної дії у досліджуваному діапазоні характерним є коливальний характер із відповідними точками перегину. Для контрольного зразка характерні три точки перегину: $pH = 5,9$ з наступним зменшенням, $pH = 5,5$ з наступним збільшенням, $pH = 5,1$ з наступним зменшенням. Для зразка №1 характерна одна точка перегину: $pH = 5,9$ з наступним зменшенням. Для зразка № 2 характерна одна точка перегину: $pH = 5,1$ з наступним зменшенням. Для зразка № 3 характерна одна точка перегину: $pH = 5,1$ з наступним зменшенням. Для зразка № 4 характерні три точки перегину: $pH = 6,4$ без наступних змін, $pH = 6,1$ з наступним збільшенням, $pH = 5,1$ з наступним зменшенням. Точка перегину $pH = 5,9$ характерна для контрольного зразка та зразка №1, що співпадає із значеннями pI для імуноглобулінів ($pI = 5,5-8,3$), це свідчить, що дані групи білків не досягають ізоелектричного стану при більших концентраціях PO_4^{3-} . Точка перегину $pH = 5,5$ характерна для контрольного зразка та співпадає із значеннями pI для β - та β -лактоглобулінів ($pI = 5,2-5,4$) та певних груп імуноглобулінів ($pI = 5,5-8,3$), це свідчить про те, що представники цих груп білкових фракцій не досягають ізоелектричного стану в присутності іонів PO_4^{3-} . Точка перегину $pH = 5,1$ характерна для усіх зразків окрім зразка № 1 та співпадає із значеннями pI для α -лактоальбуміну ($4,2-4,8$) та сироваткового альбуміну ($pI = 4,8$). При високих концентраціях PO_4^{3-} , для зразка № 4 спостерігаються нові точки перегину: $pH = 6,4$ та $pH = 6,1$, що співпадає із значеннями pI деяких груп імуноглобулінів ($pI = 5,5-8,3$).

Таким чином, дослідження кривих буферної інтенсивності за іонами PO_4^{3-} дозволяють встановити ідентичні закономірності, що спостерігаються при дослідженні кривих буферної інтенсивності за іонами Ca^{2+} , зокрема: зміни протолітичної дії при зростанні концентрації іонів стабілізаторів PO_4^{3-} , залежність зміни динаміки протолітичної дії при досягненні значень pI білкових фракцій. Так само, спостерігається вплив концентрацій стабілізаторів PO_4^{3-} на зміни груп білків, що набувають ізоелектричного стану. Зокрема, встановлено, що практично для усіх зразків характерним є набуття ізоелектричного стану для таких білків як α -лактоальбумін ($4,2-4,8$) та Сироватковий альбумін ($pI = 4,8$). Поряд із цим, імуноглобуліни ($pI = 5,5-8,3$) набувають ізоелектричного стану як у контрольному зразку, так і в зразку з найбільшою концентрацією PO_4^{3-} ($0,25 \text{ г/100 см}^3$). Водночас такі групи білків як β - та β -лактоглобуліни ($pI = 5,2-5,4$) набувають ізоелектричного стану тільки у вихідному зразку. Це свідчить про чутливість β - та β -лактоглобулінів до присутності іонів PO_4^{3-} загалом і, як наслідок, неможливості набуття даними фракціями ізоелектричного стану та найнижчих рівнів агрегативної стійкості відповідно.

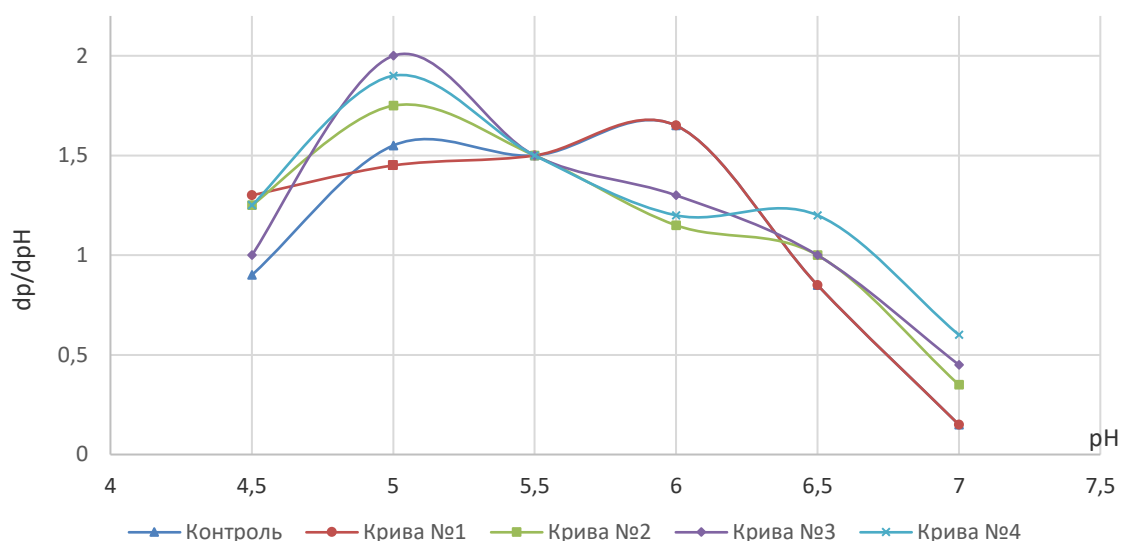


Рис. 2. Криві буферної інтенсивності за іонами PO_4^{3-}

Отже, можна зробити наступні висновки:

1. Вилучення сироваткових білків пов'язане зі зміною концентрацій іонів стабілізаторів Ca^{2+} та PO_4^{3-} , які значною мірою визначають протолітичну дію сироваткових білків.
2. Вміст іонів Ca^{2+} впливає на протолітичну дію α -лактоальбумінів, а вміст іонів PO_4^{3-} значно впливає на протолітичну дію β -лактоглобулінів.
3. Отримані результати можуть бути використані для фракційного вилучення сироваткових білків у системах очищення стічних вод з метою їх наступної утилізації у виробництві білкових продуктів та адитивів.

Література

1. Rosa, F. (2018). Waste Generated by Food Industry and Reuse in A Circular Economy Approach: The Whey Processing. *Con Dai & Vet Sci*, 2(2), 171-173. <https://doi.org/10.32474/CDVS.2018.02.000132>
2. Yatskov, M. V., Korchuk, N. M., Kyrylyuk, S. V., & Besediuk, V. Y. (2015). Study of pH and Eh in ecological technologies of production of milk-whey protein concentrates. *Bulletin of NUWEE, Technical Sciences*, 4(72), 222-234. <https://ep3.nuwm.edu.ua/4814/>
3. Soumati, B., Atmani, M., Benabderrahmane, A., Benjelloun, M. (2023). Whey Valorization – Innovative Strategies for Sustainable Development and Value-Added Product Creation. *Journal of Ecological Engineering*, 24(10), 86-104. <https://doi.org/10.12911/22998993/169505>
4. Яцков, М.В., Корчик, Н.М., Беседюк, В.Ю. (2022). Молочна сироватка як сировина у виробництві продукції фізіологічно-функціонального призначення в системах готельно-ресторанного господарства. *Вісник НУВГП, Технічні науки*, 4(100), 79-90. <https://doi.org/10.31713/vt420226>
5. Khan, M., & Selamoglu, Z. (2019). Nutritional and Medical Perspectives of Whey Protein: A Historical Overview. *J Pharm Care*, 7(4), 112-117. <https://doi.org/DOI:10.18502/jpc.v7i4.2380>
6. Kalaivani, S., & Regupathi, I. (2015). Synergistic extraction of α -Lactalbumin and β -Lactoglobulin from acid whey using aqueous biphasic system: Process evaluation and optimization. *Separation and Purification Technology*, 146, 301–310. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2015.03.057>

**STUDY OF WHEY PROTEINS STABILITY FACTORS IN WASTEWATER
TREATMENT SYSTEMS OF DAIRY ENTERPRISES**

Mykola YATSKOV

Separated structural subdivision Rivne Technical Professional College of The National University of Water and Environmental Engineering, National university of water and environmental engineering, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-6231-6583>

Nataliia KORCHYK

Separated structural subdivision Rivne Technical Professional College of The National University of Water and Environmental Engineering, National university of water and environmental engineering, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-4919-6510>

Volodymyr BESEDIUK

National university of water and environmental engineering, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0759-496X>

Zakhar MALETSKYI

Norwegian University of Life Sciences, Norway

<https://orcid.org/0000-0002-1356-3588>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304109>

Keywords: *whey, whey proteins, stabilising ions, buffering effect, buffering intensity, wastewater treatment systems.*

Abstract

The study demonstrates the changes in protolytic activity in the destabilisation/stabilisation processes of whey proteins in dairy wastewater treatment systems by changing the concentrations of Ca⁺² and PO₄³⁻ stabiliser ions. It was found that λ-lactoalbumin (α-La) is sensitive to high concentrations of Ca⁺² ions, and β_b- and β_c-lactoglobulins (β-Lg) to the presence of PO₄³⁻ ions in general. To ensure the individual extraction of the target α-La and β-Lg fractions, it is necessary to remove Ca⁺² and PO₄³⁻ ions accordingly. The results obtained can be used for further study of the fractional extraction of whey proteins processes in wastewater treatment systems for their subsequent utilisation in the production of protein products and additives.



ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ РОЗЧИНІВ ТРАВЛЕННЯ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ОСАДУ ЗАДАНОГО СКЛАДУ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ

Микола ЯЦКОВ^{1,2}, Наталія КОРЧИК¹, Надія БУДЕНКОВА¹, Оксана МИСІНА¹

¹Національний університет водного господарства та природокористування

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

²ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП»

вул. Вишиванка, 35, м. Рівне, 33028, Україна

e-mail: o.i.mysina@nuwm.edu.ua

Анотація

Представлені результати досліджень щодо можливості отримання осадів заданого складу та зменшення витрат хімічних реагентів у порівнянні з традиційними схемами очищення. Показано систематизацію елементів технологічної схеми, що передбачає очищення концентрованих стічних вод ділянки травлення в комбінованих системах з отриманням осадів заданого складу і є основою для реалізації ресурсозберігаючої технології. Встановлені параметри стану ($pH=3-4$, $Eh=+0,3-+0,33$ В і $rH_2=16,3-19,38$ В) та технологічні параметри (ступінь вилучення феруму $\psi=0,8$, витрата реагенту (від стехіометричної норми) $V=0,8$). Такі параметри забезпечують належні умови окиснення органічних сполук та їх співосадження з нерозчинними гідроксисполуками феруму (максимальний ступінь вилучення органічних домішок складає 86 %). В результаті досліджень очищення концентрованих ферумовмісних стічних вод отриманий осад, готовий для подальшої утилізації шляхом переробки. Цей осад за складом відповідає природному мінералу лімоніту $FeO(OH)$ ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) і утворюється при значеннях pH від 3,5 до 7,5 із значенням rH_2 від 26 В до 21 В та при технологічних параметрах регенерації $pH=4,0-4,6$; $rH_2=23,34-32,25$ В.

Ключові слова: розчини травлення, регенерація, параметри, осад заданого складу.

Гальванічні та інші висококонцентровані металовмісні відходи під дією зовнішніх фізико-хімічних факторів переходять у розчинні форми і проникають у ґрунти та дренажні води, забруднюючи навколишнє природне середовище [1]. У більшості країн висококонцентровані металовмісні відходи у формі осадів підлягають захороненню на території підприємства чи на спеціальних полігонах після їх підготовчої обробки для транспортування [2]. Система попередньої підготовки до транспортування вимагає ряду додаткового технологічного обладнання для ущільнення, зневоднення, сушіння осадів тощо. Процес є багатостадійним та потребує додаткових витрат на реагенти.

Відомо, що в найбільш поширених технологіях очищення концентрованих стічних вод ділянки травлення від іонів феруму немає характеристики отриманих осадів та їх складу. При цьому всі рекомендації для отримання осадів носять лише загальний характер та не враховують основні технологічні параметри для одержання осадів заданого складу і необхідних властивостей. У процесі хімічного осадження іонів важких металів із стічних вод

гальванічного виробництва, утворюються осади, хімічний склад яких залежить від співвідношення реагентів, тобто надлишку чи їх стехіометричної кількості. Донині рекомендують розраховувати витрату реагентів за стехіометричною нормою з використанням на практиці їх надлишку. Але осад часто складається не лише із нерозчинного гідроксиду металу, а із комплексних основних солей та надлишку реагенту. Отже, на основі аналізу літературних джерел можна зробити висновки, що не дослідженими залишаються технологічні параметри регенерації концентрованих розчинів травлення для одержання осадів рекомендованого складу.

Таким чином, актуальним є вирішення проблеми отримання осадів заданого складу та зниження витрат хімічних реагентів при очищенні концентрованих стічних вод ділянки травлення в комбінованих системах.

Об'єктом дослідження були модельні розчини, відпрацьовані сульфатнокислі та хлориднокислі розчини травлення, знежирення сталей підприємства ТзОВ «Завод метизних виробів» (Україна). Модельні розчини містять йони феруму із концентрацією від 0,02 моль/л до 0,7 моль/л та кислоти сульфатну і хлоридну з концентрацією від 5,5 моль/л до 2 моль/л відповідно. Ці модельні розчини є аналогами технологічних висококонцентрованих розчинів та стічних вод ділянки травлення. Дослідження термодинамічної стійкості сполук феруму в умовах хімічного осадження, кінетичних параметрів очищення та основних технологічних параметрів отримання осадів заданого складу проводили у лабораторних умовах. Показники окисно-відновної рівноваги за показником rH_2 та дослідження складу розчинів травлення лужним реагентом проводили у дослідно-промислових умовах. Кислотно-основні та окисно-відновні властивості концентрованих стічних вод ділянки травлення та умови їх обробки з метою очищення, регенерації, утилізації, вивчали методами потенціометричного титрування та хімічного осадження в реакторі періодичної дії при інтенсивному перемішуванні реагуючих речовин. Кількісні дослідження на вміст йонів феруму проводили у лабораторних умовах методом фотометричного визначення з сульфосаліциловою кислотою. Потенціометричне титрування проводили у лабораторних умовах на потенціометрі марки ЕВ 74 та у промислово-дослідних умовах з використанням портативного рН-метра рН 602 (Україна).

Таблиця 1. Показники окисно-відновної рівноваги процесу регенерації розчинів травлення

Витрата 20% NaOH, мл	pH	Eh без H ₂ O ₂ , В	Eh з H ₂ O ₂ , мВ
125	0	–	–
250	0,35	0,500	–
300	0,7	–	0,500
325	2,4	–	0,720
350	4,4	–0,110	0,680
400	4,6	–	0,410
450	4,9	–	–
550	5,3	–0,120	–
650	9	–0,460	0,110

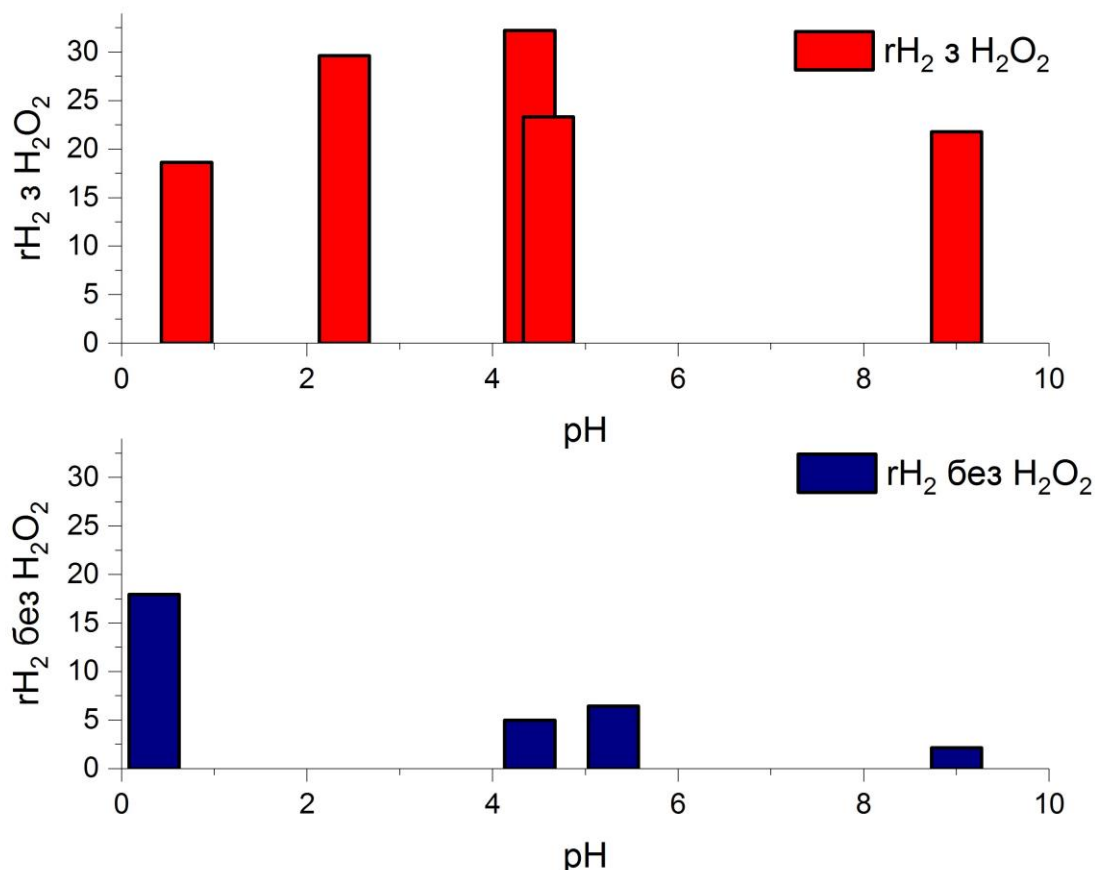


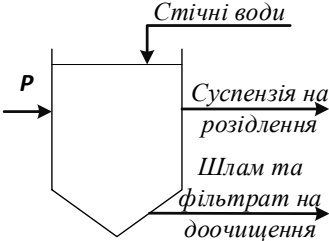
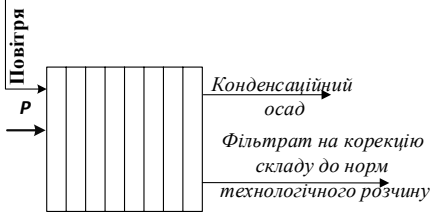
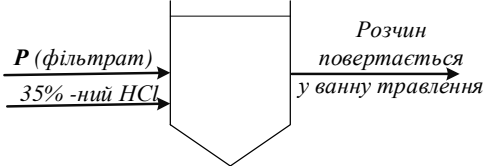
Рис. 1. Вплив гідроген пероксиду на окисно-відновну рівновагу в процесі регенерації розчину травлення

На підставі проведених раніше досліджень, які апробовані в публікаціях [3, 4–6] та в промислових умовах систематизовані елементи технологічної схеми, що передбачає очищення концентрованих стічних вод ділянки травлення в комбінованих системах з отриманням осадів заданого складу. В роботі проведені дослідження з визначення основних кінетичних та термодинамічних параметрів хімічного осадження, а саме: рН, Eh, ступінь перетворення (вилучення), швидкість (в інтервалі рН від –1 до 10,2). Для визначення умов максимального вилучення йонів феруму(III) та прогнозування основного складу осаду крім рН досліджувалася окисно-відновна рівновага за показником rH_2 (таблиця 1, рисунок 1).

Відповідно до отриманих даних, можна зробити висновки, що дані умови регенерації розчинів травлення (рН=4,0–4,6; $rH_2=23,34–32,25$ В) дозволяють отримати осад рекомендованого складу для утилізації, який відповідає природному мінералу лімоніту $FeO \cdot nH_2O$ ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$).

У таблиці 2 представлені елементи технологічної схеми регенерації розчинів травлення з отриманням осаду готового для подальшої утилізації шляхом переробки.

Таблиця 2. Елементи технологічної схеми регенерації розчинів травлення з отриманням осаду готового для подальшої утилізації шляхом переробки

№	Тип установки	Типовий процес	Функція елемента (тип будови)	Графічне зображення
1	Реактор для перетворення в системі «рідина–осад»	Хімічний	Утворення конденсаційних осадів (шламів) при очистці стічних вод.	
2	Реактор для розділення	Гідромеханічний (фільтрування)	Розділення суспензії та зневоднення осаду	
3	Реактор для окислення в системі рідина–рідина	Хімічний	Відбувається дозування хімічного реагенту HCl	

Для створення технологічної схеми отримання осаду для утилізації рекомендовано направляти на локальні цикли регенерації у кількості 50 % від загального об'єму розчину травлення. Регенерація розчинів від операцій травлення здійснюється способом оброблення лужним реагентом та гідроген пероксидом в кислотно-окисному середовищі з метою осадження йонів феруму у формі гідроксосполук [5]. Схематично цей процес можна представити наступним чином:

- окиснення йонів феруму(II) до йонів феруму(III), що досягається при застосуванні гідроген пероксиду;
- утворення нерозчинних гідроксосполук Fe^{3+} при додаванні лужного реагенту до $pH=4$ [3, 5].

В результаті досліджень встановлені технологічні параметри регенерації розчинів травлення ($pH=4,0-4,6$; $iH_2=23,34-32,25$ В), що дозволяють отримати осад рекомендованого складу для утилізації, який відповідає природному мінералу лімоніту $FeOOH$ ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$).

Література

1. Plyatsuk, L. and Melnik, A. (2008). Analysis of electroplating wastewater treatment in Ukraine. Transactions of Sumy State University, 2, 116–120.

2. Rajoria, S., Vashishtha, M., Sangal, V.K. Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques. *Environ Sci Pollut Res* 29, 72196–72246 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18643-y>

3. Yatskov, M., Korchyk, N., Mysina, O., Budenkova, N. (2021). Creation of a combined system for treatment of iron-containing wastewater from etching operations. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/3 (62), 21–26. DOI:<https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.247550>

4. Яцков, М. В., Корчик, Н. М., Пророк, О. А. (2023). Дослідження параметрів хімічного осадження феруму з рідких відходів з метою отримання осадів заданого складу і властивостей. *Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2(102), 94–107.* <https://doi.org/10.31713/vt220239>

5. Yatskov, M., Korchyk, N., Mysina, O., Budenkova, N. (2021). Improvement of the technological treatment scheme of iron-containing wastewater from etching operations. *EUREKA: Life Sciences*, (3), 21–28. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001883>

6. Yatskov, M., Korchyk, N., Budenkova, N., Mysina, O. Development of a resource-saving technology for the treatment of ferrum-containing wastewater from etching operations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol.6, № 10(120). 16–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267949>

**DETERMINATION OF THE REGENERATION PARAMETERS OF DIGESTION SOLUTIONS
WITH THE PURPOSE OF OBTAINING SEDIMENT
OF A SPECIFIED COMPOSITION FOR DISPOSAL**

Mykola YATSKOV

National University of Water and Environmental Engineering,
Separated structural subdivision Rivne Technical Professional College
of The National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6231-6583>

Nataliia KORCHYK

National University of Water and Environmental Engineering , Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4919-6510>

Nadiia BUDENKOVA

National University of Water and Environmental Engineering , Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2176-3405>

Oksana MYSINA

National University of Water and Environmental Engineering , Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2556-0947>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303733>

Keywords: *etching solutions, regeneration, parameters, sediment of a given composition.*

Abstract

The results of research on the possibility of obtaining sediments of a given composition and reducing the consumption of chemical reagents in comparison with traditional cleaning schemes are presented. Treatment of concentrated wastewater of the etching area in combined systems with obtaining sediments of a given composition and is the basis for the implementation of resource-saving technology. The parameters of the state ($\text{pH}=3\text{--}4$, $\text{Eh}=+0.3\text{--}+0.33$ V and $\text{rH}_2=16.3\text{--}19.38$ V) and technological parameters (degree of ferrum extraction $\psi=0.8$, reagent consumption (from the stoichiometric norm) $B=0.8$). Such parameters provide the proper conditions for the oxidation of organic compounds and their co-precipitation with insoluble hydroxocompounds of ferrum (the maximum degree of extraction of organic impurities is 86%). As a result of studies on the treatment of concentrated ferrum-containing wastewater, the obtained sludge is ready for further utilization by processing. The composition of this sediment corresponds to the natural mineral limonite FeOOH ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) and is formed at pH values from 3.5 to 7.5 with an rH_2 value from 26 V to 21 V and at technological regeneration parameters of $\text{pH}=4.0\text{--}4.6$; $\text{rH}_2=23,34\text{--}32,25$ B.

**СТРАТЕГІЯ
СТАЛОГО РОЗВИТКУ
У КОНТЕКСТІ
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
Секція № 3**

**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT STRATEGY
IN THE CONTEXT OF
ENVIRONMENTAL SAFETY
Section № 3**



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303595>

ЩОДО ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНОЇ БЕЗПЕКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ НАДАННІ ДОПОМОГИ ПОТЕРПІЛИМ В НАСЛІДОК ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Павло ДИБА¹, Олег АЛИМОВ¹, Віталій ПРИСЯЖНИЙ-ЖИЛКО¹,
Лариса СИМОНОВА¹, Данило БЕНАТОВ^{1,2}, Олена ДЕРЕВ'ЯНКО¹,
Мар'яна СТОЛЯРЧУК¹, Геннадій СТОЛЯРЧУК¹

¹ Всеукраїнська громадська організація «Українська служба порятунку»

вул. В. Черчилля, 90, м. Київ, 02094, Україна

e-mail: police911_ukraine@ukr.net

² Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

Анотація

Робота описує досвід ВГО «УСП» з допомоги цивільному населенню, що постраждало від наслідків техногенних катастроф, спричинених російською агресією проти України. Розроблено рекомендації для підвищення рівня власної безпеки та зменшення ризику впливу на стан та здоров'я фахівця-рятувальника під час виконання рятувальних місії.

Ключові слова: засоби індивідуального захисту, техногенні катастрофи, рятувальні місії.

Українська Служба Порятунку розпочала свою діяльність у 1996 році. Одним із головних напрямків діяльності УСП є надання допомоги потерпілим внаслідок природних та техногенних катастроф [1]. У своїй діяльності ВГО «УСП» керується низкою міжнародних та національних нормативно-правових актів, що регламентують діяльність рятувальників та рятувальних служб [2, 3, 4], адже безпека життя рятувальника є головною запорукою успіху будь-якої рятувальної місії.

Після початку повномасштабного російського вторгнення в Україну фахівцями організації було розроблено методичні рекомендації спрямовані на посилення безпеки рятувальників та постраждалих під час виконання рятувальних операцій. Вказані рекомендації були успішно апробовані на територіях Миколаївської та Херсонської областей, що постраждали внаслідок підриву російською армією греблі Каховської гідроелектростанції у червні 2023 р.

Наведемо основні тези нашої методики.

1. *Ваша безпека – це ваш пріоритет і ваша першочергова зона відповідальності перед собою та іншими.* Тобто, найперше, що необхідно зробити рятувальнику, це забезпечити себе від впливу сторонніх чинників. Сприятливі в цьому має підвищена уважність та засоби індивідуального захисту. Рятувальник має бути впевнений що він, по-перше, повернеться додому цілим та неушкодженим і не стане для своєї команди додатковим потерпілим, який потребує уваги і допомоги, а, по-друге, не привезе додому небезпечні матеріали, речовини та пристрої, знайдені під час гуманітарної/рятувальної/волонтерської місії.

2. *Ваша обачність – це найперше, що ви маєте активувати під час надання допомоги потерпілим.* Звертайте увагу на всі обставини, що можуть нашкодити вам та/або вашій

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

команді. Наприклад, підмитий берег, що може осипатись під вашою вагою, або наявність навколо вас наляканих свійських тварин, що можуть травмувати людину. На *світлинах*, відзнятих у червні 2023 року в Миколаївській області, можна побачити врятованого домашнього кота, зверніть увагу, що навіть найменша подряпина від тварини, що мала контакт з забрудненою водою, може призвести до непередбачуваних наслідків, наприклад зараження крові.



3. *Ваша персональна аптечка – це щит, що підготовлений та зібраний вами особисто.* В аптечці мають бути кровоспинні засоби, бинти, знезаражувальні засоби та ті ліки, якими користуєтесь особисто ви. В жодному разі не давайте потерпілим ліки з вашої аптечки. Ліки можуть викликати у людини алергічну реакцію, в результаті якої можуть розвинути ускладнення, а в найгіршому випадку – смерть. В результаті некваліфікованих дій рятувальник / волонтер може понести кримінальну відповідальність за завдання шкоди життю та здоров'ю людини з необережності.

4. *Спеціальна аптечка завжди йде у комплекті із знаннями з надання домедичної допомоги.* У кожного сертифікованого фахівця ВГО «УСП» є спеціальна аптечка, розрахована на випадок ДТП, аварій, масового травмування людей. *Якщо ви не маєте медичної кваліфікації, ви маєте право на надання, лише першої, невідкладної, домедичної допомоги!* Спеціальна аптечка повинна містити бинти, пластирі, засоби для обробки й знезараження ран, протиопікові засоби, термоковдри, а-травматичні ножиці. Професійні медичні працівники можуть доповнити аптечку іншими препаратами та інструментами.

Засоби особистого захисту – запорука ефективного надання допомоги потерпілим. При контакті з травмованими людьми, використовуйте медичні рукавички, а за необхідності, маски. Якщо ви маєте пересуватись водними шляхами, подбайте про наявність рятувального жилета, окулярів, вологозахистного одягу, тощо.

5. *«Дорожня карта» - запорука успіху місії.* Готуйтеся до кожної місії враховуючи специфіку: уражений ґрунт, вода, повітря, тощо. Рятувальник має подбати про засоби індивідуального захисту з урахуванням цієї специфіки.

6. *Вода – стратегічний компонент рятувальної місії.* Завжди майте при собі достатній запас питної води. Вона не тільки вгамує спрагу рятувальника та потерпілих, але і й дозволить промити рани та подряпини, чим значно полегшить подальшу роботу кваліфікованих фахівців. Важливо пам'ятати, якщо екологічна катастрофа пов'язана з хімічними речовинами, що активно реагують з водою, її використання категорично забороняється.

7. *Засоби комунікації.* У мирний час ми звикли до того, що майже 95% території України мають покриття мобільним зв'язком. На територіях, що зазнали екологічної катастрофи або стихійного лиха зв'язок може бути відсутнім. Подбай про радіостанції та Starlink, для комунікації між собою та з «великою землею».

8. *Не будь сталкером, не бери незрозумілі предмети в руки.* Наш противник підступний, руйнуючи промислову та житлову інфраструктуру він не забуває залишати «сюрпризи» для рятувальників. Якщо є мінімальний сумнів щодо предметів, що ти бачиш перед собою – зупинись і викликай допомогу ДСНС, НГ або ЗСУ.

9. *Не забувай про джерела живлення.* Май при собі павербанки та шоколад, щоби у потрібний момент у тебе були світло та енергія.

10. *Вчись і, бажано, не на своїх помилках.*

Література:

1. Статут Всеукраїнської громадської організації «Українська Служба Порятунку», <https://police911.org/statut>.

2. Конституція України; Верховна Рада України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 02.06.2024).

3. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17> (дата звернення: 02.06.2024).

4. Міжнародна конвенція про рятування 1989 року : Конвенція; Міжнародна морська організація від 28.04.1989 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/896_045 (дата звернення: 02.06.2024).

**ON THE ISSUES OF ENSURING THE PERSONAL SAFETY OF RESCUERS WHEN
PROVIDING ASSISTANCE TO VICTIMS OF MAN-MADE DISASTERS
DURING THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR**

Pavlo DYBA

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

Oleh ALYMOV

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

Vitalii PRYSIAZHNYI-ZHYLKO

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

Larysa SYMONOVA

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

Daniel BENATOV

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9626-6759>

Olena DEREVYANKO

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

Mariana STOLIARCHUK

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

Hennadiy STOLYARCHUK

All-Ukrainian public organization “Ukrainian Rescue Service”, Ukraine

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303595>

Keywords: *personal protective equipment, man-made disasters, rescue missions.*

Abstract

The paper describes the experience of the USP NGO in assisting civilians affected by the consequences of man-made disasters caused by the Russian aggression against Ukraine. Recommendations have been developed to increase the level of personal safety and reduce the risk of impact on the health and well-being of rescue specialists during rescue missions.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304924>

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

Ірина ЄРМАКОВИЧ

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля
вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, 01042, Україна

e-mail: i.ermakovich@snu.edu.ua

Анотація

З підписанням та ратифікацією у 2014 році Україною Угоди про асоціацію між Україною, запущено механізм реформування державної політики у галузі відходів. Для України це ознаменувало перехід до циркулярної економіки та сталого розвитку. В Україні з набуттям чинності 09.07.2023 року Закону «Про управління відходами» відбувається процес переходу до європейської системи управління відходами, включаючи європейський підхід до класифікації відходів; застосування п'ятиступеневої ієрархії управління відходами; впровадження принципів розширеної відповідальності виробника та забруднювач платить. Згідно даних державних статистичних спостережень в Україні лише 25,51% промислових відходів утилізується. З метою дослідження деревообробного виробництва як джерела утворення відходів проведено аналіз устаткування, яке використовується для оброблення деревини, визначені характеристики деревної сировини, пиломатеріалів.

У роботі визначено, які відходи утворюються при механічній обробці деревної сировини, зазначено, що під час здійсненні технологічних операцій з механічного оброблення деревини утворюються пил, дрібна та крупна стружка, тирса, кускові відходи деревини. Здійснено розрахунки утворення відходів деревооброблення під час виробництві меблів.

Із 300 000 м³ на рік пиломатеріалів утворюється: кускових відходів деревини 79,515 м³/рік, стружки – 4,950 м³/рік, тирси – 6,300 м³/рік. Загальний обсяг деревних відходів по відношенню до об'єму вхідної сировини становить 30,26%. Розрахована кількість деревинних відходів, що видаляється аспіраційною системою при наявності пило вловлюваного устаткування.

Розроблені рекомендації щодо управління відходами дерево оброблення. Рекомендовані напрямки переробки відходів деревообробної промисловості, а саме: виробництво пеллет, біомасова енергетика, виробництво деревних плит, виробництво біоелектрохімічних продуктів, целюлозно-паперове виробництво та біопалива, рециркування та повторне використання, гідроліз деревини, виробництво компосту.

Ключеві слова: *навколишнє природне середовище, відходи деревини, джерела утворення відходів, деревообробка, управління відходами, аспіраційні системи, пиловловлювачі.*

Актуальність проблеми. Після підписання Угоди про асоціацію з Європейським Союзом в Україні розпочався процес переходу на рейки циркулярної економіки, що спричинило процес імплементації європейського екологічного законодавства в національне, у т.ч. по відходах [1].

В Україні з набуттям чинності 09.07.2023 року Закону «Про управління відходами» відбувається процес переходу до європейської системи управління відходами, включаючи європейський підхід до класифікації відходів, застосування п'ятиступеневої ієрархії управління відходами [2].

У зв'язку з тим, що лісопереробна та деревообробна галузі відносяться до дуже важливих галузей економіки України, питання впровадження екологічних принципів та ефективних методів керування деревинними відходами набувають все більшої актуальності.

Мета роботи – визначення екологічних аспектів утворення відходів деревини на підприємствах та розроблення рекомендацій щодо управління цими відходами.

Об'єкт дослідження - утворення відходів деревини в технологічних процесах деревообробки.

Предмет дослідження - джерела утворення відходів деревини в технологічних процесах деревообробки.

Аналіз особливості управління відходами в Україні в сучасних умовах показав, що великі обсяги утворення відходів при малих об'ємах їх перероблення та відновлення сприяють накопиченню промислових та комунальних відходів в місцях видалення промислових відходів та на звалищах. За даними держстату за 2021 рік у місцях видалення відходів було накопичено понад 15,6 млрд. тонн неперероблених відходів. Таким чином, на 1 кв.км території країни припадає 27.1 тис. тонн відходів [3].

За даними державних статистичних спостережень протягом 2020 року в Україні утворилося 750.1 тис. тонн деревинних відходів.

Проведений аналіз деревообробного устаткування, показав що ефективність деревообробки, якість продукції, яка виготовляється із масиву деревини, найбільше залежить від правильного вибору устаткування. Вибір верстатів для обробки дерева, їхня потужність визначаються спеціалізацією деревообробного виробництва, його виробничою програмою, номенклатурою та асортиментом продукції із деревини, складністю оброблення заготовок, характеристиками деревини, яка використовується для оброблення, тощо[4].

В результаті механічної обробки деревної сировини утворюються наступні види відходів: пил, дрібна та крупна стружка, тирса, кускові відходи деревини [5].

З метою оцінки обсягів утворення відходів деревооброблення при виготовленні меблів були проведені розрахунки із застосуванням відповідних методик [6].

Результати розрахунків наведені у таблиці 1.

З метою недопущення забруднення довкілля відходами деревообробне устаткування обладнується аспіраційними системами з апаратами очистки газо-повітряної суміші [7]. Проведені розрахунки показали, що кількості деревної стружки і тирси, яка виловлюється циклонами типу Ц - 730 «Гіпродревпрома», становить 22 % від кількості витрачених пиломатеріалів.

Одним із екологічних аспектів функціонування підприємства є організація управління відходами відповідно до п'ятиступеневої ієрархії з наданням переваги запобіганню їх утворенню та переробленню. Відходи деревини є цінною сировиною для інших галузей економіки. На деревообробних підприємствах найбільш поширеним є утилізація відходів деревини шляхом застосування системи автоматичного спалювання [8].

За 2020 рік кількість спалених деревних відходів становить 34.1% загальної маси всіх видів відходів. З метою утилізації відходи деревообробної промисловості використовуються: у виробництві пеллет, біомасовій енергетиці, виробництві деревних плит, біоелектрохімічних продуктів, біопалива целюлозно-паперовому виробництву, у гідролізі деревини, виробництві компосту[9].

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

Таблиця 1. Кількість та об'єми відходів деревооброблення при виробництві меблів

Показник	Од. виміру	Значення
<i>Вхідні дані</i>		
Обсяг витратної сировини	м ³	300.000
Кількість виготовлених стільців	тис. шт.	28.000
<i>Утворено відходів</i>		
<i>Кускові відходи</i>		
Кількість кускових деревних відходів	т/рік	97.650
Об'єм кускових відходів деревини	м ³ /рік	79.515
<i>Стружка</i>		
Кількість деревної стружки	т/рік	31.500
Об'єм стружки деревини	м ³ /рік	4.950
<i>Тирса</i>		
Кількість тирси	т/рік	15.750
Об'єм тирси деревини	м ³ /рік	6.300
<i>Узагальнені показники утворення відходів по підприємству</i>		
Загальні обсяги відходів	т/рік	144.900
Об'єм відходів	м ³ /рік	90.765
Кількість відходів по відношенню до об'єму вхідної сировини	%	30.26

Висновки

Одним із екологічних аспектів функціонування підприємства є організація управління відходами відповідно до п'ятиступеневої ієрархії з наданням переваги запобіганню їх утворенню та переробленню. В деревообробній промисловості правильний вибір устаткування для деревооброблення, вхідної сировини, пиломатеріалів сприяє зменшенню утворення відходів. Застосування аспіраційних систем, вибір ефективних апаратів очистки аспіраційного повітря від деревної стружки, тирси та пилу деревини запобігає забрудненню цими відходами довкілля. Відходи деревооброблення, видалені в апаратах очистки, направляються на рециклінг.

Література

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони», Міжнародний документ від 27.06.2014, ратифіковано із заявою Законом № 1678-VII від 16.09.2014// URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text
2. Закон України «Про управління відходами» від 20 червня 2022 року, № 232-IX, м. Київ// URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>.
3. Державна служба статистики України. Статистична інформація. Економічна статистика / Навколишнє природне середовище/ Відходи//URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
4. Види та призначення деревообробних верстатів// URL: <https://storgom.ua/ua/novosti/vidy-i-poznachenie-derevoobrabatyvayustih-stankov.html>
5. Довідник з ресурсоефективного та чистого виробництва. Меблева та деревообробна промисловість/О.А. Кійко, А.С. Кушніт, Н.Ф. Чопенко, В.Д. Попович. – К.: Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2019. – 132с.

6. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина перша. Нормування інгредієнтного забруднення/Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет//Вінниця ВНТУ, 2013. – с. 224-228.

7. Викл. А.В. Ляшеник, канд. техн. наук; доц. Л.О. Тисовський, канд. фіз.-мат. наук; викл. Л.М. Дорундяк; ст. викл. Ю.Р. Дадак, канд. техн. наук/Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі//3. Технологія та устаткування деревообробних підприємств. Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.9 - с. 119-125//

[URL:https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_9/119_Lia.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_9/119_Lia.pdf).

8. Пуцентейло П.Р., д.е.н., професор кафедри аграрного бізнесу і обліку, Свинтух М.Б. Енергетичний потенціал використання деревних відходів в Україні/ Тернопільський національний економічний університет// Міжнародний науково-виробничий журнал «Економіка природокористування і екологія». Сталій розвиток економіки.- Вип. 2 – 2013.- с. 190-195//URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/10304>.

9. О. Абашина, О. В. Хандогіна. Конспект лекцій з курсу «Утилізація промислових відходів»/ Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. БЕКЕТОВА// Харків ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2016. - с. 58.

ECOLOGICAL ASPECTS OF WOOD WASTE GENERATION AT ENTERPRISES

Iryna YERMAKOVA

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0542-0744>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304924>

Keywords: *natural environment, wood waste, sources of waste generation, woodworking, waste management, aspiration systems, dust collectors.*

Abstract

With the signing and ratification of the Association Agreement by Ukraine in 2014, the mechanism for reforming state policy in the field of waste management was launched. This marked the transition for Ukraine towards a circular economy and sustainable development. The entry into force of the Law "On Waste Management" on July 9, 2023, initiated the transition to the European waste management system in Ukraine. This includes adopting the European approach to waste classification, applying the five-level hierarchy of waste management, and implementing the principles of extended producer responsibility and the polluter pays principle.

According to state statistical data, only 25.51% of industrial waste in Ukraine is disposed of properly. To examine woodworking production as a source of waste generation, an analysis was conducted on the equipment used for wood processing and the characteristics of wood raw materials and lumber.

The paper identifies the types of waste generated during the mechanical processing of wood raw materials, which include dust, small and large shavings, sawdust, and lumpy wood waste. Calculations of woodworking waste generation during furniture production were also conducted.

From an annual processing volume of 300000 m³ of lumber, the following waste volumes are produced: Piece wood waste: 79.515 m³/year; Shavings: 4.950 m³/year; Sawdust: 6.300 m³/year.

The total volume of wood waste, in relation to the input raw materials, is 30.26%. The amount of wood waste removed by the aspiration system, which includes dust-capturing equipment, was also calculated.

Recommendations for managing wood processing waste were developed. The recommended areas for processing woodworking industry waste include: Production of pellets, Biomass energy, Production of wood panels, Production of bio-electrochemical products, Pulp and paper production, Biofuels, Recycling and reuse, Hydrolysis of wood, Production of compost.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304021>

ОЦІНКА РИЗИКІВ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ, ЩО МЕШКАЄ В ЗОНІ ВПЛИВУ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ВІД ДІЮЧОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРГРАФІТ» В МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ

Олена ІВАНЕНКО, Оксана ТЕРЕЩЕНКО, Євген ПАНОВ

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Берестейський проспект, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: Okter789@gmail.com

***Анотація.** За роки незалежності в Україні склалася система управління якістю довкілля, яка не може забезпечити здоров'я населення та правильне визначення пріоритетів у діях, спрямованих на покращення екологічної ситуації як у масштабах країни, так і у конкретному регіоні. У зв'язку з чим, враховуючи високе техногенне навантаження на навколишнє середовище та населення, було вирішено апробувати широко застосовану в країнах ЄС та США методологію оцінки ризику здоров'ю населення, що мешкає в місті Запоріжжя на прикладі діючого підприємства «Укрграфіт».*

***Ключові слова:** атмосферне повітря, аналіз впливу забруднюючих речовин, канцерогенний і неканцерогенний ризику, оцінка ризику.*

Основними забруднювачами атмосферного повітря міста Запоріжжя та області є підприємства металургійної, паливно-енергетичної та хімічної промисловості. Забруднення атмосферного повітря міста хімічними речовинами викликає несприятливі зміни у стані здоров'я людей, які у певних випадках можуть спровокувати подальший розвиток патологічних станів і ускладнення хронічних захворювань.

Виявлення основних причин неінфекційної і нетравматичної захворюваності та смертності населення, що залежить від забруднення довкілля, оцінка економічної шкоди від цього, дає можливість об'єктивно оцінити витрати на природоохоронні заходи по зниженню наслідків від забруднення навколишнього середовища.

Ціллю роботи була оцінка ризиків для здоров'я населення, що мешкає в зоні впливу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від діючого підприємства «Укрграфіт» в місті Запоріжжя, узагальненні досвіду застосування процедури оцінки ризиків та шкоди здоров'ю населення у системі нових механізмів моніторингу і управління якістю повітря.

Виконання оцінки ризику впливу на навколишнє середовище від стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт» відбувалось у відповідності до існуючих на час розрахунку сировинними та енергетичними ресурсами, технологічними процесами виробництва, асортиментом і об'ємом продукції; якісного і кількісного складу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря; потенційного впливу інших факторів впливу на навколишнє середовище і здоров'я населення; з урахуванням існуючої планувальної інфраструктури промислових та селищних територій.

Оцінка ризику впливу планової діяльності на здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводилася за розрахунками ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів [1; 2].

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів при комбінованій і комплексній дії хімічних сполук проводилася на основі розрахунку індексу небезпеки (НІ). Індекс небезпеки для умов одночасного надходження кількох речовин одним і тим же шляхом (наприклад інгаляційним або пероральним) розраховувалася за такою формулою:

$$NI = \sum HQ_i ,$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих речовин, які визначаються згідно:

$$HQ = C_i / RfC_i,$$

де C_i – розрахункова середньорічна концентрація i -ої речовини, mg/m^3 ;

RfC_i – референтна (безпечна) концентрація i -ої речовини, mg/m^3 (у разі відсутності референтних доз/концентрацій (за переліком) як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації (ГДК);

$HQ_i=1$ – гранична величина прийнятого ризику.

Коефіцієнти небезпеки розраховувалися окремо по кожній речовині в кожній розрахунковій точці та диференціювалися для різних умов (гостра та хронічна дія). Коефіцієнт небезпеки – це кратність референтної концентрації для гострого або хронічного впливу від максимальної або середньорічної розрахункової концентрації токсичної речовини в приземному шарі повітря. Індекс небезпеки є сумою цих коефіцієнтів небезпеки від окремих забруднюючих речовин.

У зв'язку з тим, що на досліджуваних територіях аналізувалося багатокомпонентне хімічне забруднення об'єктів навколишнього середовища, оцінювали сумарні ризики, обумовлені одночасною дією кількох хімічних сполук.

Розрахунок кліматологічних, метеорологічних коефіцієнтів і показників розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері проводилися з урахуванням максимальних і середньорічних концентрацій з допомогою уніфікованої програми розрахунку забруднення атмосфери «ЕОЛ 2000», яка дозволяє розрахувати приземні концентрації забруднюючих речовин в атмосфері відповідно до «Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах промислових підприємств», ОНД-86, приведені в таблиці 1.

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин проводився без урахування фонових концентрацій з метою визначення безпосереднього впливу викидів підприємства на стан повітряного середовища.

Для дотримання на встановлюваних межах гігієнічних нормативів вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі – встановлені розрахункові контрольні точки № 1 – 11. Контрольні точки характеризують розрахункову якість атмосферного повітря в житловій забудові.

При машинному розрахунку забрудненості атмосфери на картах розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі були визначені значення приземних концентрацій на межі найближчої житлової забудови в заданій точці, яка була прийнята як рецепторна (табл. 2).

При проведенні оцінки ризику розвитку неканцерогенних ефектів використовували референтні рівні впливу (референтні дози і концентрації) хімічних речовин. Для оцінки неканцерогенних ефектів на етапі ідентифікації загрози проводився аналіз наявності даних о референтних концентраціях при гострих і хронічних впливах хімічних речовин на організм

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

людини. Були визначені органи, системи і ефекти, які відповідають встановленим референтним концентраціям шкідливих речовин, а саме органи зору, імунна система, кісткова система, нервова система, органи дихання, репродуктивна система, паренхіматозні органи, серцево-судинна система, центральна нервова система, канцерогенні ефекти, вроджені вади розвитку, печінка, нирки, носова порожнина, кров, демографічні показники – підвищення рівня смертності.

Таблиця 1. Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері міста Запоріжжя

Найменування характеристики	Величина
Коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери	200
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця року, °С	- 4,2
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, °С	+ 33,2
Середньорічна роза вітрів, %	
Півн.	17,2
Півн.-Східн.	14,0
Східн.	11,7
Півден.-Схід.	12,5
Півден.	12,0
Півден.-Західн.	10,4
Західн.	11,2
Півн.-Захід.	11,0
Швидкість вітру (w), повторюваність перевищення якої становить 5 %, м/с	10-11

Таблиця 2. Координати контрольних точок

Точка № 1	X = 13934;	Y= 17232;
Точка № 2	X = 14008;	Y= 17230;
Точка № 3	X= 14112;	Y= 17224;
Точка № 4	X = 14202;	Y= 17174;
Точка № 5	X = 12514;	Y= 15220;
Точка № 6	X = 12020;	Y= 15480;
Точка № 7	X = 12098;	Y= 16430;
Точка № 8	X = 12156;	Y= 16496;
Точка № 9	X = 12478;	Y= 16768;
Точка № 10	X = 12800;	Y= 16906;
Точка № 11	X = 13480;	Y= 16820.

На основі розрахованих рівнів експозиції були встановлені характеристики ризику від забруднення атмосферного повітря, обумовленого викидами діючого підприємства ПрАТ «Укрграфіт», які включали розрахунки канцерогенних індивідуальних ризиків ICR (табл. 3) та індексів небезпеки для окремих речовин HQ (неканцерогенні ризики) та при комбінованій дії П (табл. 4).

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

При аналізі рівнів забруднення атмосферного повітря хімічними канцерогенами, які викидаються в атмосферне повітря джерелами підприємства ПрАТ «Укрграфіт», а саме: бенз(а)пірен, бензол, свинець та його сполуки в перерахунку на свинець, хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому, було встановлено, що величини індивідуального канцерогенного ризику ICR протягом всього перебування людини на території найближчої житлової забудови дорівнює для:

- бенз(а)пірен $ICR = 5,69 \cdot 10^{-9}$;
- бензол $ICR = 4,91 \cdot 10^{-9}$;
- свинець та його сполуки в перерахунку на свинець $ICR = 4,50 \cdot 10^{-12}$;
- хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому $ICR = 3,03 \cdot 10^{-8}$.

Подібні ризики не потребують додаткових заходів щодо їх зниження.

Таблиця 3. Ризики розвитку канцерогенних ефектів

Межа житлової забудови	Канцерогенний ризик ЗР SF, мг/(кг·доба)	Одиночний канцерогенний ризик ЗР UR, мг/м ³	Усереднена річна концентрація Сі, мг/м ³	Критичні органи / системи	Ризик розвитку індивідуальних ефектів ICR	Рівень ризику
Бензапірен						
50-32-8	3,1	0,002214	0,00000257	-	5,69E-9	прийнятний
Бензол						
71-43-2	0,027	1,93E-5	0,00025415	ВВР, К, ЦНС	4,91E-9	прийнятний
Свинець та його сполуки в перерахунку на свинець						
7439-92-1	0,042	3,0E-5	0,00000015	ЦНС, ВВР, К	4,50E-12	прийнятний
Хром та його сполуки в перерахунку на триоксид хрому						
18540-29-9	42	0,03	0,00000101	ОД	3,03E-8	прийнятний

Таблиця 4. Ризики розвитку неканцерогенних ефектів

Межа житлової забудови	Референтна (безпечна) концентрація (RfCi), мг/м ³	Усереднена річна концентрація (Ci), мг/м ³	Критичні органи / системи	Коефіцієнт небезпеки (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику	
Зважені речовини						
TSP	0,1	0,05859362	ОД	0,5859362	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть						
7439-97-6	0,003	3,712E-10	ЦНС	1,24E-7	<1	Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий

**Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)**

Межа житлової забудови	Референтна (безпечна) концентрація (RfCi), мг/м ³	Усереднена річна концентрація (Ci), мг/м ³	Критичні органи / системи	Коефіцієнт небезпеки (HQ)	Критерії неканцерогенного ризику
Аміак					
7664-41-7	0,1	0,00000003	ОД	3,00E-7	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Фтор та його пароподібні та газоподібні сполуки у перерахунку на фтористий водень					
7664-39-3	0,03	0,00001477	КС, ОД	0,00049233	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Стирол					
100-42-5	1,0	0,00017315	ЦНС	0,00017315	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Фенол					
108-95-2	0,006	0,00046636	ССС, П, Н, ЦНС	0,07772667	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту					
10102-44-0	0,04	0,00330166	ОД	0,0825415	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Монооксид вуглецю					
630-08-0	3,0	0,01295109	ЦНС, СССР, К	0,00431703	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Сірки діоксид (діоксид та триоксид) в перерахунку на діоксид сірки					
7446-09-5	0,08	0,07545244	ОД	0,9431555	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Сірководень					
-	0,008	0,00120000	-	0,15	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Диметилсульфід					
-	0,08	0,00320000	-	0,04	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий
Залізо та його сполуки (у перерахунку на залізо)					
-	0,04	0,00000100	-	0,000025	<1 Ризик виникнення шкідливих ефектів вкрай малий

Оцінка довгострокових впливів (на рівні усередненої річної концентрації) на здоров'я людини досліджуваних речовин, що дозволяють оцінити хронічний інгаляційний вплив виникнення негативних ефектів у здоров'ї експонованого населення протягом життя для оцінки та характеристики мультистадійного ризику показали, що індекси небезпеки (HQ) – не перевищують норми.

Аналізуючи вищевикладене, необхідно зазначити, що оцінка викидів ПАТ «Укрграфіт», з урахуванням їх токсичності, яка використовується у методології оцінки ризику для здоров'я населення, дозволяє визначити екологічну ситуацію, надати достатньо обґрунтовану, об'єктивну оцінку шкідливості викидів в атмосферу, виробити раціональний, науково-обґрунтований підхід до пом'якшення впливу викидів на здоров'я населення щодо першочерговості та нагальності виконання природоохоронних завдань, що стоять перед підприємством та місцевою владою міста.

Література

1. Integrated Risk Information System (IRIS) : [Електронний ресурс] / U. S. Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/iris/basic-information-about-integrated-risk-information-system>
2. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затв. Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. Київ, 2007. - 40 с https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=53348

HEALTH RISK ASSESSMENT OF THE POPULATION LIVING IN THE AFFECTED AREA EMISSIONS OF POLLUTANTS INTO THE AIR FROM THE OPERATING ENTERPRISE "UKRGRAFIT" IN THE CITY OF ZAPORIZHIA

Olena IVANENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6838-5400>

Oksana TERESHCHENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1675-2752>

Yevgen PANOV

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4885-2777>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.304021>

Keywords: *atmospheric air, analysis of the influence of pollutant, monitoring, carcinogenic and non-carcinogenic risk, risk assessment, calculated data.*

Abstract

During the years of independence, a system of environmental quality management has developed in Ukraine, which cannot ensure the health of the population and the correct determination of priorities in actions aimed at improving the environmental situation both on the scale of the country and in a specific region. In this regard, taking into account the high man-made burden on the environment and the population, it was decided to test the methodology of assessing the health risk of the population living in the city of Zaporizhia, which is widely used in the EU and the USA, using the example of the operating enterprise "Ukrgrafit".



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303623>

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

Олег МАШКОВ¹, Катерина МУХІНА²,
Тамара ОВОДЕНКО¹, Володимир ПРИСЯЖНИЙ³,

¹ Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, м. Київ, 03035, Україна

² Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
Берестейський проспект, 37, м. Київ, 03056, Україна

³ Національний центр управління та випробувань космічних засобів
вул. Князів Острозьких, 8, м. Київ, 02000, Україна

e-mail: mashkov_oleg_52@ukr.net

Анотація. Розглядаються особливості створення та застосування інтелектуальної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки на основі застосування апарату штучних інтелектуальних мереж. Визначено, що синтез моделей обробки інформації в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень в умовах розвитку екологічних процесів та впливу зовнішнього середовища на екосистему дозволяє вирішити проблеми створення баз знань, що еволюційно-самоорганізуються, а також систем адаптивного синтезу інформаційно-обчислювальних конфігурацій екосистем. Аналіз завдань, розв'язуваних інтелектуальною системою підтримки прийняття управлінських екологічних рішень, дозволяє виділити ряд особливостей: складність алгоритмів та велика кількість вихідних даних із суттєво різною структурою; наявність жорстких вимог щодо продуктивності обчислювальної системи, необхідність обчислень у режимі реального часу; потреба реалізації операцій між великою кількістю різнорідних об'єктів, включаючи операції збурення динамічних об'єктів, з урахуванням складної структури відносин між класами об'єктів. Концепція інтелектуальної системи сформульована як узагальнення та розвитку традиційних моделей обробки інформації з урахуванням високопродуктивних засобів обчислень. При розробці концептуальної моделі сформульовано принципи побудови та особливості застосування інтелектуальних систем під час здійснювання екологічного моніторингу, прогнозування розвитку надзвичайних екологічних ситуацій та інтерпретації екологічної інформації. Серед цих принципів слід визначити наступні: адаптивність, багатопроцесорність та максимальну швидкодію, відкритість, безперервність функціонування та живучість.

Ключові слова: екологічна безпека, моніторинг, інтелектуальна інформаційна система, екологічні рішення, штучна інтелектуальна мережа.

Актуальність теми. Порівняно нові наукові напрями досліджень - екологічна безпека, технологія захисту навколишнього середовища вивчають взаємодію суспільства з природним середовищем у процесі сталого розвитку. Фахівці у цій галузі вважають, що правильно організована планова діяльність підприємств та організацій, у тому числі успішно вибрані

системи захисту навколишнього середовища або природоохоронні заходи, дозволить вирішити проблему гармонійної взаємодії людини (суспільства) та природи [1].

У цьому напрямку є ефективним використання інтелектуальної технології експертної оцінки та підтримки прийняття рішень з метою її застосування при розробці систем прогнозування критичних ситуацій, зменшення витрат, пов'язаних з ліквідацією їх наслідків. Проведений аналіз існуючих у суспільстві умов, потребують розв'язання нових складних проблем управління технічними системами при дефіциті часу, фахівців та підвищення відповідальності керівників за прийняття ефективних рішень, свідчить про необхідність створення відповідних нових методів та інтелектуальних засобів.

Мета дослідження полягає у обґрунтуванні концепції створення інтелектуальної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки на основі застосування апарату штучних інтелектуальних мереж.

Наукова новизна полягає у визначенні особливостей створення штучних інтелектуальних систем підтримки прийняття екологічних рішень для забезпечення екологічної безпеки екосистем на основі формування інтелектуального ядра системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень.

Суть дослідження.

У роботі розглядаються концептуальні питання побудови інформаційних систем, орієнтованих на підтримку прийняття екологічних рішень. Створено концептуальну схему інформаційних потоків, в результаті чого запропонована структура системи підтримки прийняття управлінських екологічних рішень з використанням штучного інтелекту. Запропоновано використовувати технології GRID, які є одним із перспективних напрямків розвитку програмного забезпечення багатокритеріального аналізу альтернатив та оптимізації. Під терміном система підтримки прийняття екологічних рішень (СППЕР) зазвичай розуміється інструментарій вироблення рекомендацій для особи, яка приймає рішення (ОПР), на основі ранжування кінцевої множини альтернатив (екологічних рішень) або оптимізації їх на нескінченній множині.

СППЕР допомагають вирішувати завдання, які традиційно вважають «інтелектуальними». Це діагностика проблемних екологічних ситуацій із різних галузей, формування, прийняття управлінських рішень. Такі завдання існували завжди, але сьогодні завдяки розвитку комп'ютерних систем їх вирішення стало практично можливим на основі формальних методів. Основні труднощі пов'язані з необхідністю одночасного обліку безлічі взаємозалежних чинників, які впливають на вирішення завдання, що призводило до великих інформаційних масивів, які не можна аналізувати «вручну». Крім того, широке практичне впровадження СППЕР стримувалося тим, що не всі організації, які хотіли б використовувати ці системи, мали достатні інформаційно-обчислювальні ресурси.

Здешевлення апаратного забезпечення, виникнення потужних систем управління базами даних та інструментальних засобів розробки програм змінило ситуацію. Зараз замовники подібних систем здебільшого мають або вже існуючу інформаційну базу, що зберігається в ЕОМ, або достатніми фінансовими ресурсами для її створення [2], [6]. Характерною рисою слабо структурованих завдань (екологічних рішень), які найбільше вимагають залучення СППЕР, є багатокритеріальність [3], яка полягає в тому, що якості прийнятих рішень не можна оцінити за допомогою єдиного скалярного показника і доводиться вдаватися до векторного критерію. Для вирішення труднощів ранжування і оптимізації альтернатив, що виникають при цьому, пропонується використовувати неформальні методи скаляризації, що спираються на судження ОПР.

Узагальнена база даних формується відповідно до загальних принципів побудови сховищ даних та знань. Для представлення структури управління програмними системами

використовуються різні формалізми, зокрема й мережі Петрі [4],[7]. Формальний апарат цих мереж призначений для моделювання впорядкування подій та потоку інформації.

Функціональний аналіз прикладних систем, що ґрунтуються на знаннях, зазвичай здійснюється в рамках міжнародного стандарту IDEFO[5],[8][9]. Така методологія дозволяє уявити формальну модель інтегрованої системи інтелектуальної підтримки моделювання та візуалізації в нотації стандарту IDEFO у вигляді наступної узагальненої структури (рис. 1).

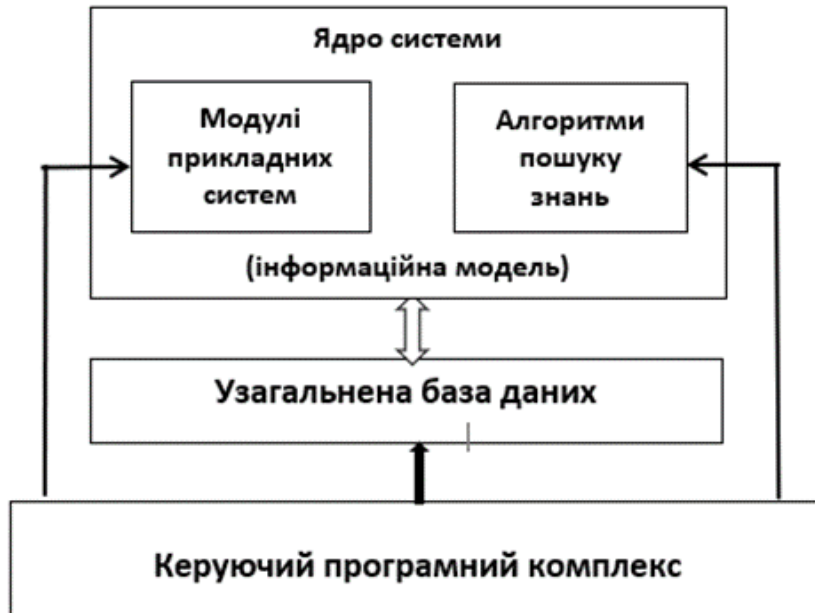


Рис. 1. Архітектура системи інтелектуальної підтримки екологічних рішень

Синтез моделей обробки інформації в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень в умовах розвитку екологічних процесів та впливу зовнішнього середовища на екосистему дозволяє вирішити проблеми створення баз знань, що еволюційно-самоорганізуються, а також систем адаптивного синтезу інформаційно-обчислювальних конфігурацій екосистем.

Програмний комплекс інтелектуальної підтримки прийняття рішень у задачах моделювання та візуалізації в інтелектуальній системі представлений на рис. 2.

Комплекс суттєво розширює функціональні можливості загальної структури, представленої на рис.1, та є системою розподіленого штучного інтелекту.

Інтелектуальна система поєднує формальні методи аналізу та інтерпретації інформації при вирішенні завдань динаміки складного об'єкта з евристичними методами та екологічними моделями, що базуються на досягненнях комп'ютерної математики, знаннях експертів, імітаційних моделях, накопиченому досвіді. Система включає ряд модулів, що взаємодіють між собою, виконують певні функції відповідно до загальної стратегії функціонування. Крім традиційних для систем інтелектуальної підтримки модулів, система містить модулі імітації, аналізу та прогнозу проблемної ситуації (моделювання), організації різних видів інтерфейсу.

Потік інформації, що реалізує концепцію системи підтримки рішень в інтелектуальній системі, наведено на рис.2. При цьому застосовуються наступні підсистеми: ISC – інтегрована підсистема управління обчисленнями; WDO - підсистема організації даних. SAI – пошук та

забезпечення доступу до інформації; Q&S – контроль якості рішень; T&L – тестування та навчання; DSS – прийняття рішень.

Подані у вигляді правил трансформації знання (схемні правила) про методи розпаралелювання програм можна накопичувати та використовувати за допомогою підсистеми організації даних інтелектуальної системи.

Вихідні дані про поточну ситуацію при функціонуванні інтелектуальної системи отримують шляхом обробки апріорної інформації (рис. 3).

Обробка цієї інформації реалізується в режимі реального часу та дозволяє «налаштувати» інтелектуальну систему на вирішення завдань інтерпретації поточної ситуації.

Алгоритми аналізу та прогнозу ситуації дозволяють відновлювати поточні характеристики зовнішніх збурень та параметри екологічного об'єкта, а також побудувати фактичні значення функцій приналежності, що визначають логіку функціонування динамічної бази знань (оцінку небезпеки ситуації та прогноз її розвитку) на основі фактичних даних про стан зовнішнього середовища та екологічного об'єкта.

Система інтелектуальної підтримки прийняття управлінських екологічних рішень має такі відмінні властивості: складність розподіленою структурою (структурна складність); багатоцільовий характер перетворення інформації (функціональна складність); необхідність обліку та формалізації невизначеності (інформаційна складність); врахування особливостей розробки (проектна складність).

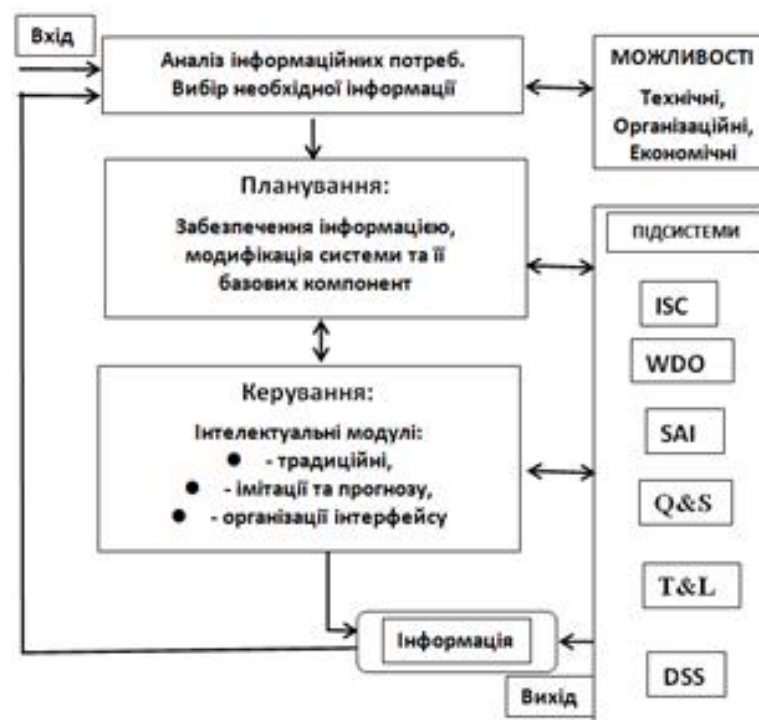


Рис.2. Потік інформації, що реалізує концепцію системи підтримки рішень в інтелектуальній системі



Рис. 3. Потік інформації у завданнях моделювання та візуалізації

Інформаційний простір, що надається системою інтелектуальної підтримки (рис. 4), забезпечує можливість взаємодії екологічних експертів під час вирішення завдань аналізу та інтерпретації екологічної інформації на всіх стадіях виконання екологічних розрахунків та моделювання екосистем при здійсненні екологічного моніторингу на розробки технологій захисту навколишнього середовища.



Рис. 4. Інформаційний простір системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських екологічних рішень

Інформаційна модель інтелектуальної підтримки моделювання та візуалізації екологічної інформації представляється як безліч екологічних моделей, що складаються з окремих наперед

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

визначених інформаційних моделей екологічних об'єктів. Адаптивна компонента (модуль адаптації), що забезпечує функціонування системи на базі інформаційної моделі, передає знайдене системою рішення ОПР для подальшого аналізу та інтерпретації. Прогнозування інформаційних потреб та інтелектуальної підтримки полягає у визначенні екологічної ситуації (нештатні, аварійні, катастрофічні екологічні ситуації, формуванні та перетворенні інформації з урахуванням особливостей ОПР та рівня його професійної майстерності.

Концепція інтелектуальної системи сформульована як узагальнення та розвитку традиційних моделей обробки інформації з урахуванням високопродуктивних засобів обчислень. При розробці концептуальної моделі сформульовано принципи побудови та особливості застосування інтелектуальних систем під час здійснювання екологічного моніторингу, прогнозування розвитку надзвичайних екологічних ситуацій та інтерпретації екологічної інформації. Серед цих принципів слід виділити адаптивність, багатопроцесорність та максимальну швидкодію, відкритість, безперервність функціонування та живучість.

Інтелектуальна система має можливість еволюційного нарощування в умовах безперервної зміни динаміки об'єкта та зовнішнього середовища, приклад наведений на рис. 5.

Висновки.

Процес розробки концепції створення інтелектуальної інформаційної системи для підтримки прийняття управлінських рішень в галузі екологічної безпеки передбачає формалізацію наступних процесів: визначення особливостей автоматизації експертної обробки та процесу прийняття рішень в системах екологічного управління; формування архітектури системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських екологічних рішень та визначення потоків відповідних інформації в системі. Обґрунтована архітектура системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських екологічних рішень. Визначено, що система інтелектуальної підтримки має такі відмінні властивості: складність розподіленої структури (структурна складність); багатоцільовий характер перетворення інформації (функціональна складність); необхідність обліку та формалізації невизначеності (інформаційна складність); необхідність врахування особливостей розробки (проектна складність).



Рис.5. Інтеграція інтелектуальної системи зі сховищем даних екологічного об'єкта

Література:

1. Бондар О.І., Машков О.А., Міхеєв В.С. Системний підхід щодо створення системи підтримки екологічних рішень для забезпечення екологічної безпеки держави / Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2020.-№ 3(30), 2020, с. 30-38.
2. Васильєв В.І., Шевченко О.І. Штучний інтелект: Формування та впізнання образів. - Донецьк: Дон. ДНДІ, 2000, 360 с.
3. Машков О.А., Абідов С.Т., Іващенко Т.Г., Оводенко Т.С., Печений В.Л. Особливості екологічного прогнозування за допомогою штучних інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень/ Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, - Випуск 1(46), 2023, № 5(44), с. 168-174.
4. Машков О.А., Іващенко Т.Г. Проблеми управління екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою систем підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень / Науковий часопис Академії національної безпеки, №3-4 (27-28) 2020, с. 7-34.
5. Офіційний сайт організації-розробника FuzzyGLIPS Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/projects/iit/fuzzy-reasoning.html>. — Загл. с екрана.
6. Шевченко О.І. Актуальні проблеми теорії штучного інтелекту. Київ, ППШ, Наука і освіта, 2003, 228 с.
7. Alyoubi V.A. Decision support system and knowledge-based strategic management // ELSEVIER. 2015. № 65 – С 278-284.
8. Khodashahri N.G, Sarabi M.H. Decision support system (DSS) // Singapore an journal of business economics and management studies. 2013. №6 – С 94-102.
9. Tripathi K.P. Decision support system is a tool forma king better decisions in the organization // Indian Journal of Computer Science and Engineering. 2017. № 21– С 112-117.

FEATURES OF CREATING AN INTELLIGENT SUPPORT SYSTEM
FOR ENVIRONMENTAL DECISIONS

Oleg MASHKOV

State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9227-4647>

Kateryna MUKHINA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0867-8505>

Tamara OVODENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0004-9389-9357>

Volodymyr PRYSIAZHNYI

National Space Facilities Control and Test Center, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7825-9037>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303623>

Keywords: *environmental safety, monitoring, intelligent information system, environmental solutions, artificial intelligent networ.*

Abstract

The peculiarities of the creation and application of an intelligent information system to support decision-making in the field of environmental safety based on the application of artificial intelligent networks are considered. It was determined that the synthesis of information processing models in the intelligent decision support system in the conditions of the development of ecological processes and the influence of the external environment on the ecosystem allows to solve the problems of creating evolutionary self-organizing knowledge bases, as well as systems of adaptive synthesis of information and computing configurations of ecosystems. The analysis of the tasks solved by the intelligent support system for making managerial environmental decisions allows us to highlight a number of features: the complexity of the algorithms and a large amount of raw data with a significantly different structure; the presence of strict requirements for the performance of the computer system, the need for real-time calculations; the need to implement operations between a large number of disparate objects, including operations of perturbing dynamic objects, taking into account the complex structure of relations between classes of objects. The concept of an intelligent system is formulated as a generalization and development of traditional models of information processing, taking into account high-performance computing tools. During the development of the conceptual model, the principles of construction and features of the application of intelligent systems during environmental monitoring, forecasting the development of emergency environmental situations and interpretation of environmental information were formulated. Among these principles, the following should be identified: adaptability, multiprocessing and maximum speed, openness, continuity of operation and survivability.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303231>

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ В МІСТАХ УКРАЇНИ

Ірина ОНИЩУК, Ольга КИЧКИРУК, Анастасія МАЙБРОДСЬКА

Житомирський державний університет ім. Івана Франка,

вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008, Україна

e-mail: irinashpin@gmail.com

Анотація

В роботі представлено результати аналізу проблеми утилізації твердих відходів в населених пунктах України. Досліджена проблема організації та експлуатації сміттєвих полігонів, захоронення токсичних твердих відходів, екологічні ризики для населення та недосконалість регулювання поводження з відходами на законодавчому рівні. Особлива увага приділена утилізації відходів, що містять ртуть та розкрито принципи, напрямки роботи сміттєпереробного заводу в м. Житомир.

Ключові слова: тверді відходи, токсичні відходи, забруднення довкілля, сміттєзвалища, сміттєпереробні технології.

Сучасне суспільство стикається із складними екологічними викликами, які негативно впливають на наше оточення і здоров'я. Однією з найбільш актуальних проблем є надмірне нагромадження твердих відходів, що має серйозні наслідки для природи, екосистем і здоров'я громадян. Відходи, які утворюються під час виробництва, споживання та повсякденної діяльності людини, стають джерелом забруднення ґрунту, водойм і повітря [1]. Викиди з сміттєспалювальних заводів призводять до забруднення атмосферного повітря шкідливими газами. Забруднення ґрунту може бути механічним, хімічним або біологічним, а дощова (тала) вода, яка просочується через захоронені відходи, може забруднити водоносні горизонти.

Тема утилізації відходів, їх переробки, пошук шляхів збільшення ресурсоефективності та концепція рециклінгу в останні десятиліття набула важливого значення. Питання поводження з відходами активно досліджуються в роботах українських та зарубіжних вчених. Українські вчені Г. А. Білецька, Г. П. Виговська, О. О. Веклич [1-2] розглядають питання взаємозв'язку інновацій та переробки сміття, а також методи мотивації суб'єктів господарювання до впровадження ресурсоефективної підприємницької діяльності, зосереджуючи увагу на необхідності впровадження ефективних технологій управління виробництвом, включаючи переробку відходів, для раціонального використання природних ресурсів.

Водночас, необхідно вирішити проблему забезпечення ефективності існуючої системи поводження з відходами з урахуванням вимог циркулярної економіки, підвищення конкурентоспроможності національної економіки на світовому ринку та забезпечення сталого економічного зростання. Такі вимоги потребують формування нових економіко-правових механізмів поводження з відходами, спрямованих на принципи безвідходності та сталого розвитку [2].

Законодавство України містить нормативні акти, що визначають види побутового сміття, такі як Закони України «Про відходи», «Про загальнодержавну програму поводження з

токсичними відходами», а також рішення Кабінету Міністрів України та ряд постанов. Однак жоден з цих документів не містить визначень термінів «рециклінг» та «ринок вторинної сировини» [3-4]. У законодавстві України у сфері обробки відходів термін «переробка відходів» тлумачиться лише як їх оброблення «з метою підготовки до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення». Таким чином, можна зробити висновок, що термін «переробка (оброблення) відходів» у нормативних документах не охоплює повторну їх переробку для подальшого використання у виробництві, а стосується лише їх обробки як підготовчого етапу до утилізації.

У 2017 році в Україні було сформовано 366,1 мільйони тон відходів, що пізніше зменшилося до 352,3 мільйонів тон у 2018 році. Проте у 2019 році спостерігається помітний ріст утворення відходів до 441,5 мільйонів тон, що може бути обумовлено різноманітними факторами, такими як економічні умови, технологічні зміни тощо. З 2020 по 2022 рік відбувається подальше збільшення обсягу утворення відходів, з 462,4 мільйонів тон у 2020 році до 479,3 мільйонів тон у 2022 році. Очевидно, що обсяги утилізації відходів також зростають з часом. У 2017 році було утилізовано 100,1 мільйонів тон відходів, а в 2022 році цей показник склав 99,8 мільйонів тон.

Небезпечні відходи, які містяться у побутовому смітті, виникають внаслідок повсякденної діяльності людей у житлових і комерційних будівлях. Вони також мають ризикові характеристики, що можуть призвести до значних негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я. Такі відходи вимагають спеціального управління та обробки, щоб уникнути забруднення повітря, води та ґрунту [5]. Наприклад, пари, які утворюються під час розпаду ртутних ламп, є дуже токсичними і можуть завдати шкоди як здоров'ю людини, так і навколишньому середовищу. Навіть невелика кількість ртуті, що потрапляє до середовища, може призвести до серйозного забруднення. Тому відходи, що містять ртуть, потребують особливих умов зберігання та обробки, щоб уникнути негативних наслідків. Щоб уникнути таких ризиків, існують різні методи обробки ртутних відходів. Наприклад, вібро-механічний метод передбачає механічне подрібнення та подальше розділення складових частин, після чого ртутні пари виводяться та знешкоджуються. Також існують термо-вакуумний та гідрометалургійний методи, які дозволяють переробляти відходи та навіть повторно використовувати ртуть у деяких випадках [6].

Враховуючи небезпеку, яку представляють відходи з вмістом важких металів, важливо правильно управляти їх обробкою та утилізацією, щоб зменшити негативний вплив на здоров'я та навколишнє середовище. Аналіз даних наданий комунальними службами різних населених пунктів вказує на тенденцію збільшення обсягів утворення відходів в Україні протягом останніх років, що може свідчити про необхідність подальшого посилення заходів з управління відходами та реалізації ефективних програм утилізації та переробки відходів різного типу. Експлуатація сміттєвих полігонів, як найбільш поширений спосіб зберігання та утилізації твердих відходів, наразі становить значний відсоток антропогенного тиску на середовище в цілому та негативно впливає на стан здоров'я населення різних вікових груп. Основні ризики для здоров'я населення пов'язані з такими факторами: потрапляння в ґрунтові води значних кількостей токсичних речовин у складі фільтрату, в тому числі солей важких металів свинцю, кадмію, ртуті, хрому тощо; потрапляння в атмосферу і ґрунтові води летких сполук (ЛОС-забруднювачі) різного хімічного складу: ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, етилбензол і ксилоли), тетрахлоретилен, трихлоретилен і вінілхлорид, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ): нафталін, бензапірен та побічні продукти в результаті неповного згоряння органічних речовин); утворення звалищних газів з високим вмістом метану, летких альдегідів, оксидів азоту та сірки тощо [7].

В сукупності всі перераховані фактори є причинами збільшення кількості випадків гострих респіраторних захворювань дихальних шляхів (зниження імунітету та резистентності організму), загострення протікання хронічних захворювань дихальної та серцево-судинної систем, дерматитів, алергічних станів, підвищення збудливості нервової системи у різних вікових груп населення. В групі ризику перебувають не тільки співробітники полігонів, а й мешканці навколишніх населених пунктів, оскільки на полігонах частими є випадки самозаймання відходів з подальшим тлінням і як наслідок потрапляння в повітря та розповсюдження продуктів горіння на великі відстані (санітарна зона навколо полігонів має становити не менше 15 км). З огляду на вище сказане, можна стверджувати, що створення нових та продовження експлуатації уже існуючих сміттєвих полігонів збільшує екологічні ризики для територій та посилює антропологічний тиск на довкілля. В багатьох країнах Європи сміттєві полігони заборонені на законодавчому рівні. Їх альтернативою є будівництво сміттєпереробних заводів та поширення тенденції щодо зменшення продукування побутових відходів населенням.

На території міста Житомира у 2024 році розпочав свою роботу сміттєпереробний завод у тестовому режимі [8]. Завод, зведений та оснащений за кошти приватного інвестора, спеціалізується на очищенні, сортуванні та переробці відходів у біопаливо. Підприємство наразі працює у тестовому режимі, але планує до кінця року розширити свої виробничі можливості. У 2023 році відбувалися пусконаладжувальні роботи та сертифікація продукції. Такий завод сьогодні не має аналогів в Україні. На заводі відходи змішаного сміття висипаються у бункер і перекидаються за допомогою навантажувача на сортову лінію, де вони поділяються на органічні матеріали та тверді побутові відходи. Останні не підходять для подальшого використання та проходять очищення та переробку. В результаті переробляється лише відібрана вторинна сировина.

На сортувальній лінії розділяється 10 видів якісної вторинної сировини, яка підлягає подальшій переробці. ПЕТ-пляшки трьох видів (трьох кольорів) відокремлюються, так само як і склобій трьох кольорів. Окремо сортується поліетиленові плівки високого тиску та стрейч-плівки, алюмінієві бляшанки, а також пластик двох видів: міксований та чистий поліпропілен. На ротаційному барабані проводиться поділ органіки та дрібного неякісного сміття.

Отже, дослідження з проблем утилізації твердих відходів є достатньо актуальним та існує необхідність подальших наукових та практичних розвідок у цій області для забезпечення сталого розвитку та збереження екологічної рівноваги.

Література

1. Білецька Г.А., Виговська Г.П., Веклич О.О. та ін. Оцінка ефективності використання ресурсів в умовах переробки відходів // Матеріали науково-практичної конференції "Сучасні проблеми економіки і управління". 2016. С. 86–92.
2. Білецька Г.А., Виговська Г.П., Веклич О.О. та ін. Питання взаємозв'язку інновацій та переробки сміття: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. Економіка та держава. 2020. № 10. С. 42–49.
3. Закон України «Про управління відходами» <https://ips.ligazakon.net/document/t222320>
4. Закон України «Про Загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами» <https://ips.ligazakon.net/document/T001947>
5. Довга Т.М. Основні тенденції та закономірності утворення і переробки твердих побутових відходів в Україні. Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка». 2012. №10.

6. Попович Н.П., Мальований М.С., Попович В.В. Підвищення регіональної екологічної безпеки шляхом удосконалення логістичної системи поводження з відходами. Екологічні науки. 2018. № 1(20). С. 12.

7. Демчук, Н.С., Онищук, І.П. Проблема збору і переробки твердих побутових відходів у місті Житомирі. Біолог. Дослідження. 2019. С. 317-319.

8. У Житомирі запрацював завод, що переробляє сміття на біопаливо <https://texty.org.ua/fragments/112067/u-zhytomyri-zapracuyuvav-zavod-sho-pereroblyaye-smittya-na-biopalyvo-foto/>

ANALYSIS OF THE PROBLEM OF SOLID WASTE DISPOSAL IN CITIES OF UKRAINE

Iryna ONYSHCHUK

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-2847-8570>

Olga KYCHKYRUK

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-0558-1647>

Anastasiia MAIBRODSKA

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303231>

Keywords: *solid waste, toxic waste, environmental pollution, landfills, waste processing technologies.*

Abstract

The paper deals with the results of the analysis of the solid waste disposal problem in the settlements of Ukraine. The article has studied the problem of the organization and operation of landfills, the disposal of toxic solid waste, environmental risks for the population and the imperfection of the waste management regulation at the legislative level. The paper pays special attention to the disposal of mercury-containing waste, and specifies the principles and directions of the waste processing plant in Zhytomyr.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303975>

РОЗВИТОК СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В М. КИЄВІ

Вячеслав РАДОВЕНЧИК, Олена ІВАНЕНКО,
Тамара КРИСЕНКО, Олена ГЛУШКО

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
пр. Берестейський, 37, Київ, 03056, Україна

e-mail: tavok@ukr.net

Анотація: з кожним роком антропогенний вплив на навколишнє середовище, а особливо на атмосферу, зростає. Це веде до погіршення умов існування людини і живих організмів і, в кінцевому результаті, може призвести до глобальної екологічної кризи. В Україні за рівнем забруднення м. Київ займає одне з перших місць. З метою покращення якості повітря необхідно володіти детальною інформацією про рівень забруднення, забруднювачі, джерела їх утворення, зміни в часі та просторі і т. і. В більшості розвинутих країн світу ці функції виконують національні системи моніторингу забруднення довкілля, котрі відкриті, автоматизовані, комп'ютеризовані та відображають інформацію в реальному часі. Сьогодні національна система моніторингу довкілля в Україні лише починає формуватися, тому важливо визначити найбільш прийнятні напрямки її розвитку.

Сьогодні моніторинг якості повітря в столиці проводиться кількома суб'єктами. Протягом тривалого часу цими питаннями опікується Центральна геофізична обсерваторія. Сьогодні обсерваторія володіє найбільш детальною інформацією щодо якості повітря в столиці протягом тривалого періоду. Останні кілька років характеризуються інтенсивним розвитком недержавних систем моніторингу якості повітря в столиці. Більшість таких систем моніторингу носять, швидше, рекламний характер для окремих суб'єктів господарювання або розраховані на створення мережі спостережних постів за кошти самих громадян. Кілька років тому КМДА було прийнято рішення про створення сучасної відкритої автоматизованої системи моніторингу якості повітря в столиці. На сьогодні встановлено та запущено в роботу чотири спостережних пункти.

Система моніторингу якості повітря в столиці найімовірніше, розвиватиметься саме шляхом встановлення нових сучасних постів спостереження в межах міста в об'ємі програми КМДА.

Ключові слова: атмосфера, моніторинг, повітря, забруднення, індекс забруднення атмосфери.

З кожним роком в силу різних факторів рівень забруднення довкілля, в тому числі й атмосфери, зростає. Особливе занепокоєння викликає останнім часом світовий рейтинг нашої столиці серед міст із найбільш забрудненим повітрям. Наприклад, 10.09.2021 р. м. Київ ввійшов в п'ятірку міст із найбруднішим повітрям [1]. О 9:50 ранку індекс забруднення атмосфери в столиці склав 137 балів при нормі в 50 балів. За такого рівня забруднення особливо потерпають люди із захворюванням органів дихання, котрим пропонують

користуватися респіраторами, не відкривати вікна та обмежити перебування на відкритому повітрі.

Викликає занепокоєння той факт, що подібний рівень забруднення повітря фіксується в столиці все частіше, що змушує більш серйозно підходити до формування системи моніторингу якості повітря. Індекс забруднення повітря в столиці та інших містах світу можна відслідковувати в режимі реального часу на порталі *Iqair* [2]. Цілком очевидно, що сьогодні система моніторингу повинна служити не лише основою для прийняття відповідних управлінських рішень, а й забезпечувати громадян оперативною інформацією про якість повітря в конкретній точці простору в конкретний час.

Метою даної роботи є вивчення сучасного стану системи моніторингу якості повітря на території м. Києва та визначення можливих напрямків її подальшого розвитку.

Лідером в галузі моніторингу якості повітря в столиці залишається Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського [3]. На території столиці розміщено 16 стаціонарних постів спостереження за забрудненням повітря (рис. 1). Щоденні результати вимірювань (6 днів за тиждень) чотирьох постів оперативно виставляються на сайті обсерваторії для вільного

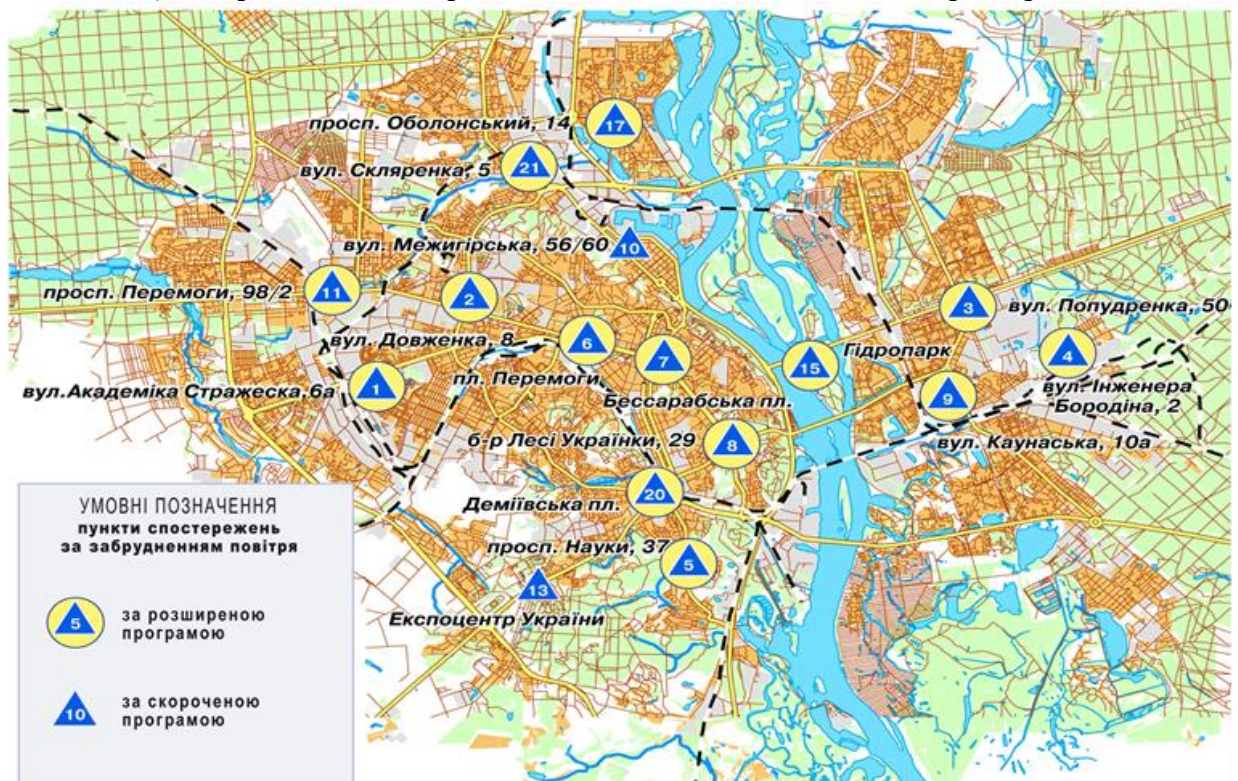


Рис. 1. Мережа постів спостережень за забрудненням повітря в м. Києві

доступу – пости №3, 5, 7, 20. Відбір проб та їх аналіз проводиться чотири рази на добу – о 1.00, 7.00, 13.00 та 19.00 годинах. На сторінці стверджується, що на постах ведеться спостереження за вмістом в повітрі 20 забруднювачів, однак приводяться результати лише для 5 – 10 основних забруднювачах (завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід). Тут же приведено середні для м. Києва концентрації забруднюючих речовин в кратності ГДК за попередній тиждень. Дані спостережень за забрудненням повітря в попередні періоди можна знайти на відповідній

сторінці сайту [4]. Тут викладені середні за місяць показники забруднення для столиці за попередні два роки. Більш пізню інформацію можна отримати в архіві обсерваторії. Інформація викладена в двох форматах – текстовому та графічному. В загальному, наданої інформації цілком достатньо для контролю стану атмосфери на території м. Києва. Дещо погіршує загальне враження надання щоденної інформації лише по 4 із 16 спостережних постах, однак, як зазначено на сайті, з усією наявною інформацією можна ознайомитися за відповідних умов в архіві підприємства.

Катастрофічне погіршення якості повітря на території м. Києва привертає увагу всіх жителів, багатьох громадських організацій та приватних підприємств, котрі не лише вимагають виконання законодавства в галузі охорони довкілля, а й сприяють та приймають участь в реалізації проєктів щодо покращення інформування населення про рівень забруднення повітря в реальному часі. Одним з таких проєктів є соціальний проєкт компанії ЛУН під назвою ЛУН Місто [5]. Серед масиву іншої інформації на сайті є кілька сторінок, присвячених зміні стану повітря в м. Києві, м. Одесі та м. Львові в реальному часі. Для проведення таких вимірювань командою *ЛУН Місто Air* встановлено в різних районах міста більше 80 сенсорних датчиків **Plantower PMS 3003/5003/7003/A003**, котрі вимірюють ступінь розсіювання лазерного випромінювання в атмосфері і на основі отриманих результатів визначають ступінь її забруднення (рис. 2) [5]. Додатково встановлено сенсорні датчики **Bosch Sensortec BME-280** для вимірювання температури, вологості та тиску. Отримані сигнали обробляються блоком **Mediatek MT7688A** та через *Wi-Fi* передаються в мережу. Таким чином, ступінь забруднення атмосфери визначається на основі вмісту твердих часток розміром 1.0, 2.5 та 10 мкм. Далі отримані дані конвертуються в індекс якості повітря Агенції з охорони довкілля США – AQI [6]. Одночасно проводиться вимірювання температури, вологості повітря і атмосферного тиску. Далі з використанням шкали індексів розраховані індекси AQI наносяться на інтерактивну карту м. Києва для кожного спостережного пункту. При встановленні курсора на відповідний спостережний пункт розкривається список із більш детальними даними про вміст твердих часток в атмосферному повітрі та кліматичних параметрах для даної точки простору. Відповідні значення рівнів забруднення повітря можна отримати у вигляді діаграм за 48 годин чи за 30 діб. Варто також зауважити, що отримана інформація транслюється на відеоборди у візуально привабливому вигляді поки що в семи районах м. Києва та на вайбер-бот *Повітря NOW* (<https://chats.viber.com/air-now>). Незважаючи на значну обмеженість інформації для оцінки рівня забруднення повітря в м. Києві, дана система, на нашу думку, є досить перспективною, оскільки дозволяє створення на її основі повноцінної автоматизованої служби контролю якості повітря в форматі реального часу шляхом підключення сучасних датчиків та аналізаторів вмісту приземного озону, окису вуглецю, діоксиду сірки та діоксиду азоту.

В столиці сьогодні працює кілька аналогічних систем. За даними [7], всього на території столиці на сьогодні встановлено 328 станцій моніторингу забруднення атмосфери, з яких працює 123 станції. Причому, ці станції належать різним власникам - державним та приватним підприємствам, місцевим органам самоврядування, мешканцям міста або створені в результаті виконання різноманітних проєктів. Крім цього, є системи моніторингу, що нараховують біля

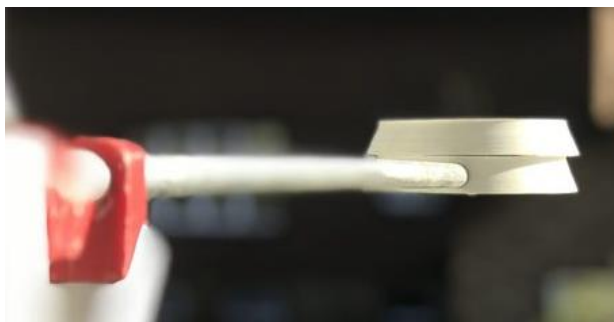


Рис. 2. Сенсорні датчики системи контролю атмосфери ЛУН Місто Air

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

сотні станцій моніторингу, а є системи, що лише починають розвиватися і не мають ще жодної діючої станції (табл. 1).

Система *luftdaten.info* - глобальна сенсорна мережа, керована самими учасниками, яка створює відкриті екологічні дані. Охоплює 69 країн, нараховує 14038 станцій моніторингу по всьому світу. *AirVisual* – міжнародна компанія в галузі обробки повітря з безкоштовною інформаційною платформою якості повітря в режимі реального часу. Система моніторингу дозволяє відстежувати якість повітря за такими параметрами як PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂, CO₂ і SO₂ із значним покриттям в різних частинах світу. Система дозволяє залучати до моніторингу як

Таблиця 1- Перелік платформ, проектів та органів самоврядування м. Києва, що мають станції для моніторингу рівня забруднення атмосферного повітря [7]

№ п/п	Найменування	Станції моніторингу якості повітря на території м. Києва	
		Всього	Працюючі
1	ЛУН Місто	82	53
2	luftdaten.info	37	21
3	SaveDnipro	30	14
4	AirVisual	11	9
5	AirPol	4	1
6	Kyiv Smart City	3	-
7	Київський національний університет імені Тараса Шевченка	1	1
8	Київська міська державна адміністрація (КМДА)	4	4
9	PurpleAir	3	1
	Всього:	173	101

окремі країни, так і окремих громадян. Мережа *PurpleAir* створюється компанією вчених та громадян з головним офісом в штаті Юта, США. Компанія спеціалізується на випуску простих в установці датчиків якості повітря, для роботи котрих необхідна лише електромережа та *Wi-Fi*. Датчики дозволяють збирати дані про якість повітря в режимі реального часу та обмінюватися ними на вільній для доступу карті. В основі роботи датчиків лежить вимірювання концентрації PM_{2,5} в реальному часі. У місцях з обмеженим доступом до *Wi-Fi* або без доступу до *Wi-Fi* детектор вимірювання містить карту *SD* і годинник реального часу, що дозволяє датчику записувати та зберігати дані локально. *AirPol* – демонстраційна система моніторингу якості повітря виробників пиломіра *7bit Pollution Monitor*. Пиломір орієнтовано як на персональне використання, так і на обмін даними в межах проекту *air-pollution.ml*. Розвиток мережі передбачається за рахунок під'єднання до системи нових власників пиломіра. Більшість даних, отриманих в межах описаних вище систем, зібрано на єдиному в Україні безкоштовному екологічному чат-боті *SaveEcoBot* [7]. Система включає в себе також чат-боти у *Telegram*, *Rakuten Viber*, *Facebook Messenger* та мапу забруднення атмосферного повітря. Опікується розвитком системи ГО «*SaveDnipro*», засноване командою однодумців у 2017 році з метою пошуку шляхів впливу на екологічну ситуацію в Україні та світі [8].

Особливу увагу серед зазначених в табл. 1 платформ варто приділити системі моніторингу КМДА [9]. Систему почали формувати лише в останні кілька років. При цьому стаціонарні пости моніторингу якості повітря відповідають вимогам чинних європейських стандартів та

рекомендацій ВООЗ. За повідомленням [10], все обладнання зібрано в спеціальному боксі і здатне фіксувати такі показники: пил PM_{2.5} та PM₁₀; діоксид азоту (NO₂); оксид азоту (NO); діоксид сірки (SO₂); оксид вуглецю (CO); приземний озон (O₃); бензол; формальдегід; бензапірен; метилмеркаптан; важкі метали. Онлайн – мапа є надзвичайно функціональною і дозволяє отримувати графіки зміни відповідних параметрів протягом доби, тижня, місяця. Окрім вологості повітря, температури та тиску, напрямку та швидкості вітру наведені значення загального індексу якості повітря (*Common Air Quality Index, CAQI*). Безперечно, у випадку достатнього покриття території столиці спостережними постами такого типу саме ця система стане базовою для оцінки якості повітря в різних районах столиці.

Таким чином, навіть в столиці сьогодні відсутня повноцінна відкрита система моніторингу якості повітря. Існуючі розрізнені пости моніторингу якості повітря різної підпорядкованості або лише встановлюються, причому, досить часто за кошти окремих громадян, або базуються на використанні лише 1 – 2 параметрів повітря, найчастіше – вмісті часток розміром 1 – 10 мкм, що далеко недостатньо як з точки зору чинних нормативних документів, так і з точки зору сучасного переліку забруднень, що викидаються в повітря на території столиці. В цілому можна визначити три основні можливі напрямки подальшого розвитку системи моніторингу якості повітря в м. Києві:

- модернізація існуючої системи моніторингу на базі ЦГО із заміною обладнання на більш сучасне із забезпеченням автоматичного вимірювання параметрів повітря в реальному часі та оперативним представленням інформації на сайті;
- подальше розширення покриття та переліку контрольованих забруднювачів громадськими та приватними системами моніторингу та створення на їх базі єдиної об'єднаної системи;
- подальший розвиток з метою збільшення покриття території столиці сучасної мережі спостережних пунктів моніторингу КМДА.

На жаль, більшість описаних вище систем моніторингу носять, швидше, рекламний характер для окремих суб'єктів господарської діяльності, комерціалізовані, що змушує робити доступною для пересічних громадян лише чверть отриманої інформації, або взагалі розраховані на створення мережі спостережних постів за кошти самих громадян. І в такій ситуації можна лише вітати намагання КМДА створити сучасну відкриту автоматизовану систему моніторингу якості повітря в столиці, сподіваючись що вона не буде комерціалізована чи приватизована в майбутньому і стане інформаційним підґрунтям для прийняття необхідних управлінських рішень.

Література

1. Київ – у п'ятірці міст із найбруднішим повітрям. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-kyiv/3313257.html> (дата звернення: 10.09.2021).
2. Air quality and pollution city ranking. URL: <https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking> (дата звернення 14.11.2021).
3. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?dv=main> (дата звернення 23.11.2021).
4. Про стан забруднення атмосферного повітря у м. Києві і містах Київської області. URL: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv (дата звернення 23.11.2021).
5. Чим зараз дихає місто. URL: <https://misto.lun.ua/air-about> (дата звернення 28.11.2021).
6. Air Quality Index (AQI) Basics. URL: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics/> (дата звернення 28.11.2021).
7. SaveEcoBot - екологічний бот для моніторингу інформації про довкілля. URL: <https://www.saveecobot.com/static/about> (дата звернення 15.12.2021).
8. ГО “SaveDnipro”. URL: <https://www.savednipro.org/about> (дата звернення 26.12.2021).

9. Управління екології та природних ресурсів КМДА. URL: <http://asm.kyivcity.gov.ua/map/view> (дата звернення 26.12.2021).

10. У Києві встановили сучасну систему моніторингу якості повітря. URL: <https://ecopolitic.com.ua> (дата звернення 26.12.2021).

DEVELOPMENT OF AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS IN KYIV

Vyacheslav RADOVENCHYK

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5361-5808>

Olena IVANENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6838-5400>

Tamara KRYSENKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9903-6884>

Olena HLUSHKO

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8243-5707>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303975>

Keywords: *atmosphere, monitoring, air, pollution, air pollution index.*

Abstract

Every year, the anthropogenic impact on the environment, and especially on the atmosphere, is increasing. This leads to the deterioration of the conditions of existence of humans and living organisms and, as a final result, may lead to a global ecological crisis. In Ukraine, the city of Kyiv is one of the first places in terms of pollution. In order to improve air quality, it is necessary to have detailed information about the level of pollution, pollutants, sources of their formation, changes in time and space, etc. In most of the developed countries of the world, these functions are performed by national environmental pollution monitoring systems, which are open, automated, computerized and display information in real time. Today, the national environmental monitoring system in Ukraine is just beginning to take shape, so it is important to determine the most appropriate directions for its development.

Today, monitoring of air quality in the capital is carried out by several entities. For a long time, these issues have been taken care of by the Central Geophysical Observatory. Today, the observatory has the most detailed information on air quality in the capital over a long period. The last few years have been characterized by intensive development of non-state air quality monitoring systems in the capital. Most of such monitoring systems are, rather, of an advertising nature for individual business entities or are designed to create a network of observation posts at the expense of citizens themselves. A few years ago, the KMDA decided to create a modern, open, automated air quality monitoring system in the capital. To date, four observation points have been installed and put into operation.

The air quality monitoring system in the capital will most likely develop precisely through the installation of new modern observation posts within the city within the scope of the KMDA program.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303424>

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТА УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Олена СОРОЧИНСЬКА

Державний університет інфраструктури та технологій

вул. Кирилівська, 19, м. Київ, 04071, Україна

e-mail: ellena06.84@ukr.net

Анотація: У роботі підіймається питання сучасного управління природоохоронною діяльністю як на підприємствах транспортної галузі так і загалом в Україні. Дане питання є особливо актуальним в зв'язку з майбутнім відновленням України після закінчення військових дій, адже у довгостроковій перспективі процес післявоєнного розвитку має стати фундаментальним переходом України до зеленої та чистої економіки. Якщо до повномасштабної війни вважалося, що стрімке переведення системи управління на європейські стандарти є неможливим, то рівень руйнувань у інфраструктурній та промисловій сферах вказують на шанс таки зробити цей стрибок. Для того, аби забезпечити зелену відбудову післявоєнної України, яка покращить екологічну ситуації та одночасно дозволить державі інтегруватися у європейські ринки, Україні необхідне ефективне управління, що дасть змогу гарантувати перехід до європейських стандартів промисловості, іншого користування природними ресурсами та охорони довкілля.

Ключові слова: екологічні ризики, управління природоохоронною діяльністю, транспортна галузь.

Сьогодні в Україні досить гостро стоять проблеми забруднення довкілля від транспортної інфраструктури. Це безпосередньо вплив автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту, а також антропогенний вплив на навколишнє середовище під час проектування, будівництва та експлуатації лінійних транспортних об'єктів. Для транспортних засобів використовують паливе з різних видів нафтопродуктів і мастил, леткі фракції яких у складі відпрацьованих газів дизельних та бензинових двигунів внутрішнього згорання забруднюють практично всі об'єкти довкілля.

Серед усіх транспортних засобів автотранспорт залишається основним джерелом забруднення атмосферного повітря та порушення екологічної рівноваги. Залізничний транспорт є більш екологічним та енергоефективним, ніж автомобільний, але залізниця є джерелом шуму, вібрації та електромагнітних коливань. Залізничний транспорт має багато джерел викидів в атмосферу, включаючи локомотиви, вагонні депо, вагонні ділянки та ремонтні майстерні. При цьому 90% викидів припадає на котельні та кузні. Залізничні під'їзні колії часто забруднені пилом від сипучих вантажів, нафтопродуктів та інше. Крім того, залізничний транспорт є одним з основних споживачів паливно-енергетичних ресурсів у господарському комплексі країни. Залізничний транспорт споживає понад 9% виробленої електроенергії. Все це свідчить про значний вплив екологічних факторів на діяльність залізничних компаній та необхідність підвищення ефективності їх природоохоронної діяльності як складової сталого розвитку [1].

Екологічні ризики можуть бути викликані природними та техногенними небезпеками. Природні ризики пов'язані з непередбачуваними природними явищами, такими як землетруси, повені, виверження вулканів. Техногенні виникають в результаті господарської діяльності людини. Класифікація ознак екологічних ризиків в контексті екологічної безпеки приведено на рисунку 1 [2].



Рис. 1. – Класифікація ознак екологічних ризиків [2]

За такими характеристиками екологічні ризики відрізняються від інших видів ризиків:

- 1) антропоцентрична спрямованість екологічного ризику, яка виходить із того положення, що екологічний ризик є, в першу чергу, ризиком зниження якості навколишнього природного середовища, через що негативно впливає на життя та здоров'я людини;
- 2) поліваріантність форм походження екологічного ризику, що визначає можливість його прояву внаслідок природно-стихійних чинників і техногенно-антропогенних загроз;
- 3) обмеженість можливості абсолютного визначення екологічного ризику, через що неможливо повністю та завчасно вивчити всі прояви екологічних загроз;
- 4) кумулятивність екологічного ризику внаслідок прояву так званого «ефекту ланцюгової реакції» та «ефекту доміно», через що один конкретний чинник екологічного ризику може спричинити здійснення низки інших екологічних ризиків, що можуть понести великі негативні наслідки життю та здоров'ю людини і якості довкілля;
- 5) субінституційність екологічного ризику, яка пов'язана з можливістю його прояву через інші ризики природного та техногенного походження, що зумовлює настання екологічних інцидентів з наслідками технологічних, технічних порушень, правопорушень у галузі охорони праці тощо [3].

Основні тенденції розвитку транспортної галузі в Україні для зменшення проявів екологічних ризиків [4]:

- ✓ використання високотехнологічних та ергономічних транспортних засобів, супутникової навігації, інтелектуальних транспортних систем, інформаційних технологій;
- ✓ застосування композитних матеріалів, зниження металоємності, покращення аеродинаміки та безпечності транспортних засобів;
- ✓ використання паливно-економічних та екологічних транспортних засобів, застосування альтернативних видів палива, тощо;
- ✓ прискорення і забезпечення своєчасної доставки пасажирів та вантажів завдяки

швидкісним видам транспорту та розвитку логістики;

- ✓ забезпечення транспортної доступності для населення, високої мобільності трудових ресурсів, збільшення дальності та скорочення часу поїздки пасажирів у мегаполісах;
- ✓ насичення автомобілізацією в розвинених країнах, її подальше стримування у містах завдяки розвитку громадського та муніципального транспорту.

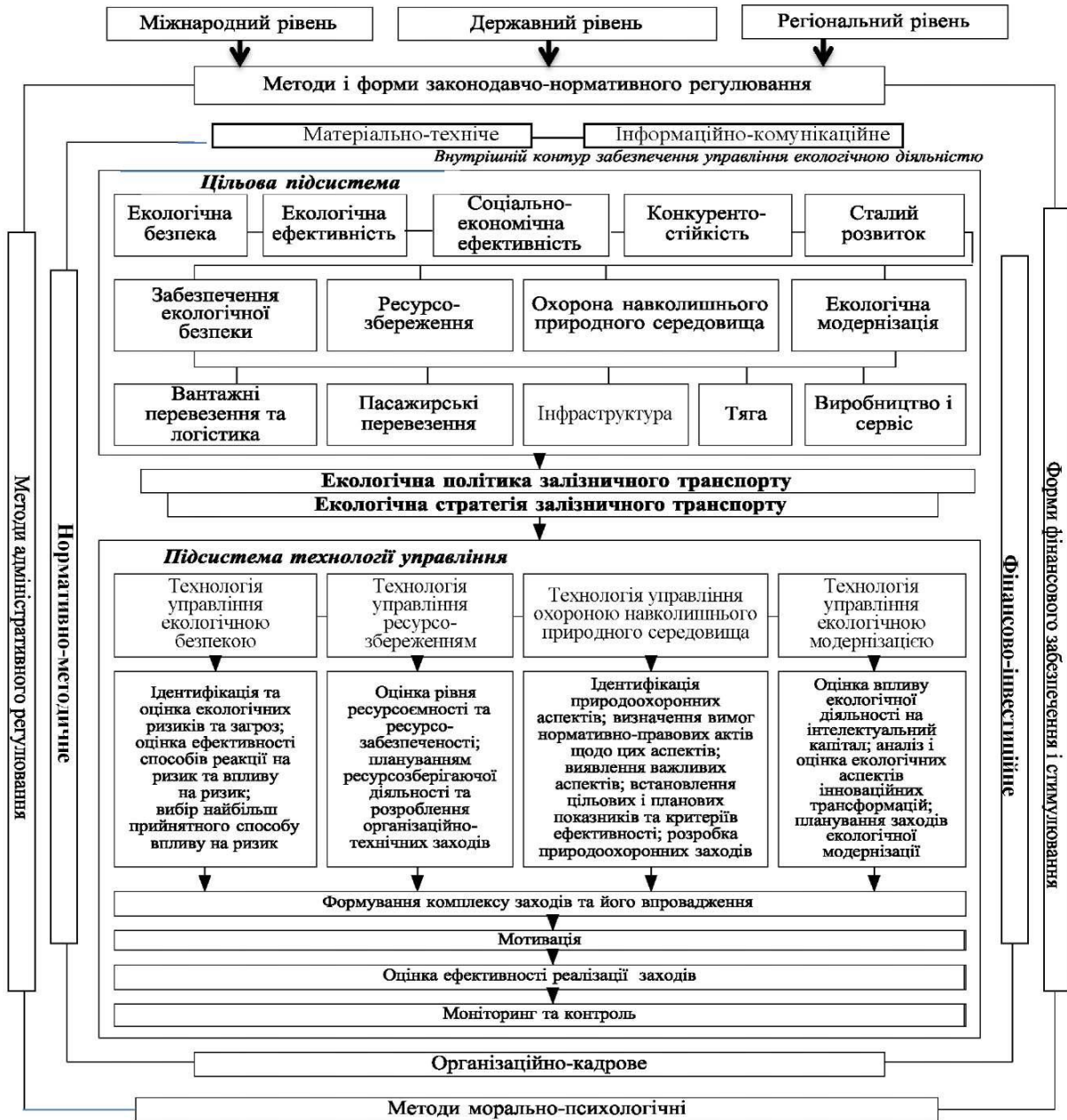


Рис. 2. Система управління екологічною діяльністю підприємств залізничного транспорту [4]

Метою управління ризиками є підвищення вірогідності виникнення і впливу сприятливих та зниження несприятливих для проекту подій. Аналіз і оцінка ризиків під час розробки та впровадження цих проектів дозволяє підвищити рівень їх безпеки, ефективність та результативність [2].

Загалом систему управління екологічними ризиками на залізничному транспорті можна представити у вигляді чотирьох підсистем: цільової, контрольної, керованої та забезпечувальної, обмежених контурами міжнародної, національної та регіональної екологічної політики, як показано на рисунку 2.

Пом'якшити екологічні ризики можливо виконуючи такі дії: уникнення ризиків, зменшення ризиків, відновлення екосистем і компенсація збитків [5].

Зміст природоохоронної діяльності на залізничному транспорті визначаємо як діяльність, направлену на раціональне використання природних ресурсів, зменшення негативного навантаження на навколишнє природне середовище, зниження викидів та скидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря і водні джерела, утилізацію відходів, підвищення ефективності природоохоронних заходів.

Серед першочергових завдань якісного управління природоохоронною діяльністю на залізничному транспорті можна виокремити запобігання негативному впливу господарської діяльності підприємств і об'єктів галузі на навколишнє природне середовище та створення умов для подальшої екологізації залізничного транспорту.

Для поліпшення екологічної ситуації у залізничній галузі необхідно:

- створити системи баз даних з метою обробки інформації з екологічної ситуації на підприємствах залізничного транспорту;
- розробити безвідходні ресурсощадні технології і екологічну техніку для очищення вентиляційних викидів підприємств залізничного транспорту від токсичних забруднень (органічні розчинники, аерозолі ділянок нанесення антикорозійних покриттів) з одержанням із забрудників товарних продуктів;
- провести комплексну оцінку екологічної ситуації в місцях розташування залізничних підприємств, прогноз її зміни, розробку і поетапну реалізацію моніторингу й оздоровлення навколишнього середовища;
- організувати моніторинг і розробку засобів поліпшення умов праці й екологічного стану на залізницях;
- посилити електрифікацію з метою декорбанізації транспортної галузі.
- впорядковувати зелені зони уздовж залізниць.

Література

1. Панченко Н.Г. Управління екологічною діяльністю на підприємствах залізничного транспорту. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент №33. 2018. – С. 59 – 64.
2. Зюсюн В.І. Методи та моделі управління екологічними ризиками в проєктах розвитку транспорту: дис. Національний транспортний університет, Київ. 2017. 202 с.
3. Бакуліч О.О., Кіс О.Р., Занора В.О. Тенденції управління екологічними ризиками транспортних проєктів. Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. № 56. 2020. – С. 62 – 69.
4. Аналіз стану безпеки руху та аварійності на наземному транспорті в Україні за 2021 рік. Електронний ресурс: http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2022/analiz_avariynosti_2021.
5. Losos, Elizabeth Claire, et al. Reducing environmental risks from belt and road initiative investments in transportation infrastructure. World Bank Policy Research Working Paper. 2019. – 8718.

ENVIRONMENTAL RISKS AND MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL
PROTECTION ACTIVITIES AT ENTERPRISES IN THE TRANSPORT INDUSTRY

Olena SOROCHYNSKA

State University of Infrastructure and Technology, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-2477-1275>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303424>

Keywords: *environmental risks, management of environmental protection activities, transport industry.*

Abstract

The work raises the question of modern management of environmental protection activities both at enterprises of the transport industry and in Ukraine in general. This issue is especially relevant in connection with the future recovery of Ukraine after the end of hostilities, because in the long term, the process of post-war development should become Ukraine's fundamental transition to a green and clean economy. If before the full-scale war it was believed that the rapid transfer of the management system to European standards was impossible, the level of destruction in the infrastructural and industrial spheres indicates a chance to make this leap.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305265>

ДО ПИТАННЯ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ КАХОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА

Дмитро СТЕФАНІШИН¹, Василь КОРБУТЯК², Данило БЕНАТОВ³,
Дмитро КРЕТА¹, Олексій РОГОЖИН¹, Євгеній ЯКОВЛІСВ¹

¹ Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Чоколівський бульвар, 13, м. Київ, 03186, Україна

² Національний університет водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна

³ Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського
Берестейський проспект, 37, Україна, Київ, 03056, Україна

e-mail: daniel@benatov.kiev.ua

Анотація

Розглянуто проблематику повоєнної відбудови Каховського гідровузла, зруйнованого російськими окупаційними військами в 2022 році. Проаналізовано різні варіанти відновлення Каховської гідроелектростанції та Каховського водосховища. Запропоновано альтернативу відновлення Каховського гідровузла, яка може ґрунтуватися на раціональному використанні водних ресурсів та гідроенергетичного потенціалу нижнього Дніпра в межах інтегрованого управління водними ресурсами, диверсифікації ризиків та природо-орієнтованих рішень.

Ключові слова: *альтернатива, відновлення, водосховище, диверсифікація ризику, інтегроване управління водними ресурсами, Каховський гідровузол, природо-орієнтовані рішення.*

Підри्व у червні 2023 року російськими окупаційними військами бетонних гідроспоруд Каховського гідровузла з практично миттєвим, протягом кількох днів, спорожненням Каховського водосховища, спричинив техногенну катастрофу, всі наслідки якої для довкілля і соціально-економічного розвитку України, особливо в довгостроковій перспективі, достовірно встановити і належним чином оцінити практично неможливо [1-4]. Її вплив водночас можна розглядати в соціально-економічному, екологічному, геологічному та географічному контекстах [3]. Подібної аварії на греблі, внаслідок зумисного її підриву, з затопленням хвилиєю прориву площі понад 640 км² території, на якій проживало населення, в містах і селах, з викидом забруднень в море, в світі ще не було. Значною мірою наслідки катастрофи на Каховському гідровузлі визначатимуться і тим, в який спосіб здійснюватиметься повоєнне відновлення країни, зокрема територій і сфер народного господарства, які прямо чи опосередковано залежали від його функціонування [3, 5, 6].

Каховський гідровузол у складі будівлі гідроелектростанції (ГЕС) потужністю 334,8 МВт, суміщеної з донними водоскидами, бетонної водозливної греблі, однокамерного судноплавного шлюзу, та земляних гребель (руслової, греблі між будівлею ГЕС та шлюзом, лівобережними заплавною і надзаплавною греблями) було побудовано у 1952-1959 роках.

Основною метою його будівництва було створення великого водосховища для забезпечення водою індустріалізації і розвитку аграрного виробництва на півдні України, включно і Криму. Каховський гідровузол став другим на Дніпрі, після гідровузла Дніпровської ГЕС (Дніпрогесу), а після розбудови в 1960-1970 роках Дніпровського каскаду гідровузлів – його останньою шостою сходинкою вниз за течією.

Всього, на 2022 р., в Україні налічувалося 1103 гідровузли із загальним об'ємом води у водосховищах близько 55,5 км³ [7]. З них лише 14 гідровузлів – з водосховищами об'ємом більше 100 млн. м³. Каховське водосховище було найбільшим в країні, його повний об'єм при нормальному підпірному рівні сягав 18,2 км³ (це майже третина ємності всіх вітчизняних водосховищ), корисний – 6,8 км³ (до 25% загальної їх корисної ємності). Енергетика, промисловість, водне господарство, сільське господарство, економіка півдня країни в цілому значною мірою залежали від функціонування Каховського водосховища. Сумарна потужність електрогенерації з використанням водних ресурсів Каховського водосховища на 2020 р. (Каховська ГЕС, Запорізькі АЕС і ГЕС, Зеленодольська ГЕС) становила майже 17% від всієї встановленої потужності вітчизняних електростанцій [3]. Катастрофа зупинила водопостачання 31 системи зрошення. Фактично без води залишилось до 30% полів Дніпропетровської, 94% – Херсонської, 74% – Запорізької областей [8]. Хоча у складі Дніпровського каскаду Каховська ГЕС мала найменшу встановлену потужність, втім її частка складала до 8,5% встановленої потужності каскаду і 7,1% від всіх вітчизняних ГЕС, включно з малими, що було суттєвим внеском у Об'єднану енергосистему країни в якості високо маневрового регулятора потужності [9]. При цьому середньорічне виробництво електроенергії на Каховській ГЕС сягало майже 15% від всіх ГЕС каскаду. На перспективу, компанія-оператор Каховської ГЕС (ПрАТ «Укргідроенерго») планувала її розширення за рахунок побудови Каховської ГЕС-2 (за аналогією розширення Дніпровської ГЕС). Для цього існували всі належні умови [10]. Слід також згадати можливості для компромісу щодо обмеження будівництва малих гідроелектростанцій (МГЕС) на вільно текучих річках в Україні, оскільки Каховська ГЕС-2 (планована потужність оцінювалась в 200-250 МВт) могла повністю замінити всі нові МГЕС [9]. Після катастрофи на Каховській ГЕС посилилась загроза тотальної неконтрольованої забудови малих річок країни численними МГЕС, на що вказує як активізація забудовників, які стали маніпулювати на темі децентралізації електроенергетики, так і більш лояльне ставлення в департаментах екології до відверто шкідливих для довкілля проектів МГЕС [3].

Обговорення проблем повоєнної відбудови гідротехнічних споруд Каховського гідровузла з відновленням Каховської ГЕС і Каховського водосховища розпочалося одразу після катастрофи [2, 4-6, 8, 11-15]. Наразі здебільшого обговорюються три можливі варіанти дій (альтернативи): 1) відбудова Каховської ГЕС з відновленням Каховського водосховища в його попередньому статусі (відновлюються розрахункові рівні води, об'єм водосховища, які були до катастрофи) згідно з прийнятим урядовим рішенням [8, 11-13, 15]; 2) відмова від відбудови Каховської ГЕС та водосховища, яку здебільшого відстоюють неурядові громадські організації природоохоронного спрямування [8, 14, 15], а також деякі провідні вітчизняні вчені – переважно біологи, екологи, історики, природознавці [15] (подібну точку зору на проблему мають також і деякі економісти [15, 16]); 3) досягнення певного компромісу в подоланні неминучих, і досить складних, соціально-економічних і екологічних викликів, пов'язаних з відбудовою Каховської ГЕС та відновленням водосховища [6, 11, 17], зокрема, наприклад, за рахунок відсікання дамбами мілководь [4, 17], розширення функціональних можливостей ГЕС з одночасним вирішенням природоохоронних питань традиційними способами, наприклад, за рахунок побудови рибоходу тощо [18].

Більшість з запропонованих рішень не можуть на разі вважатися достатньо обґрунтованими, в тому числі і прийняте урядове рішення, яке поки що слід розглядати лише як намір, що пояснюється цілком зрозумілою причиною – окупацією зруйнованих споруд гідровузла та більшої частини території, яка були затоплена водосховищем, а також неможливістю відновлення нормального господарювання на звільнених територіях, які все ще перебувають під постійною загрозою обстрілів з боку російських військ. Тому в своєму дослідженні ми більше звертали увагу на успішні практики гідротехнічного будівництва, де використовувалися різні компромісні рішення, які могли б бути використані у випадку відновлення комплексного використання водних ресурсів на ділянці нижнього Дніпра, в тому числі і її гідроенергетичного потенціалу.

В цілому, якщо враховувати минулі прорахунки, допущені при будівництві Каховського гідровузла [3, 5, 6], і притримуватися стратегії досягнення цілей сталого розвитку, то компромісні рішення при відновленні використання водних ресурсів на ділянці нижнього Дніпра, в тому числі і втраченого внаслідок катастрофи гідроенергетичного потенціалу, мають ґрунтуватися на принципах інтегрованого управління водними ресурсами, диверсифікації ризиків та застосування природо-орієнтованих рішень.

Наявність каскаду водосховищ на Дніпрі дозволяє спростити завдання інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР). Особливо якщо зважати на те, що ключовим принципом ІУВР є ставлення до води як до обмеженого і вичерпного ресурсу. В нашому випадку, альтернативою одному великому водосховищу може бути декілька менших водосховищ руслового типу, наприклад, три-чотири в межах колишнього водосховища і зони виклинювання підпору, а також певна кількість (за потребою) водосховищ наливного типу на правому і лівому берегах Дніпра. Наливні водосховища безумовно урізноманітнять джерела водопостачання, збалансують інтереси різних водокористувачів, спростять завдання раціонального використання водних ресурсів, в тому числі і завдання регулювання стоку, і, відповідно, сприятимуть диверсифікації ризиків. Замість однієї великої ГЕС на ділянці колишнього водосховища може бути побудовано три-чотири менших ГЕС. Такий підхід дозволить більш повно використовувати гідроенергетичний потенціал за рахунок зменшення ділянок поширення підпору у верхів'ях водосховищ. Наприклад, замість будівництва тимчасової підпірної споруди у нижньому б'єфі Дніпровської ГЕС, щоб забезпечити належне обводнення б'єфу і зменшити холості скиди води (рис. 1), в межах острова Хортиця може бути побудована повноцінна дериваційна ГЕС, де для потреб деривації слугуватиме правий, менший рукав, що відділяє Хортицю від правого берега Дніпра (рис. 2).

Подібна компоновка дериваційної ГЕС, де для деривації було використано один з природних рукавів русла річки, реалізовано на ГЕС Розегг-Сент Якоб на річці Драва в Австрії. Такий підхід дозволяє раціонально використати гідроенергетичний потенціал ділянки. Крім того він може розглядатися як природо-орієнтоване рішення.

Австрійський досвід запровадження природо-орієнтованих рішень в гідроенергетиці можна залучити і при облаштуванні Конських і Базавлуцьких плавнів – за рахунок створення в їх межах штучних русел, відповідно з лівого і правого берегів, в яких можна сумістити функції як водопропускних споруд – для підведення води для споживачів та насосних станцій, і рибохідних каналів. Для ілюстрації можливості практичної реалізації подібного рішення на рис. 3 показано обхідний рибохідний канал на ГЕС Оттенсхайм-Вільгерінг на річці Дунай.

Проект каналу (рис. 3) здійснювався за підтримки програми Європейського Союзу LIFE +78 і коштував приблизно 8 мільйонів євро. Потужність ГЕС – 179 МВт, напір – 10,5 м. Протяжність каналу – 14,2 км. Середня витрата води в місці впадіння каналу в Дунай – 17 м³/с. Канал було побудовано за 14 місяців [19, 20]. Ілюстративний приклад гідровузла на Дніпрі з облаштуванням обхідного каналу в межах Великого Лугу показано на рис. 4.



Рис. 1. Нижній б'єф Дніпровської ГЕС
18.08. 2023 року.
Фото С. Петерсона/Getty Images



Рис. 2. Картоschema розміщення
дериваційної ГЕС в межах острова
Хортиця в Запоріжжі
(ілюстративний приклад)



(а) верхів'я каналу з видом на водосховище



б) канал в його середній течії

Рис. 3. Рибохідний канал на ГЕС Оттенсхайм-Вільгерінг (Австрія) [19, 20]

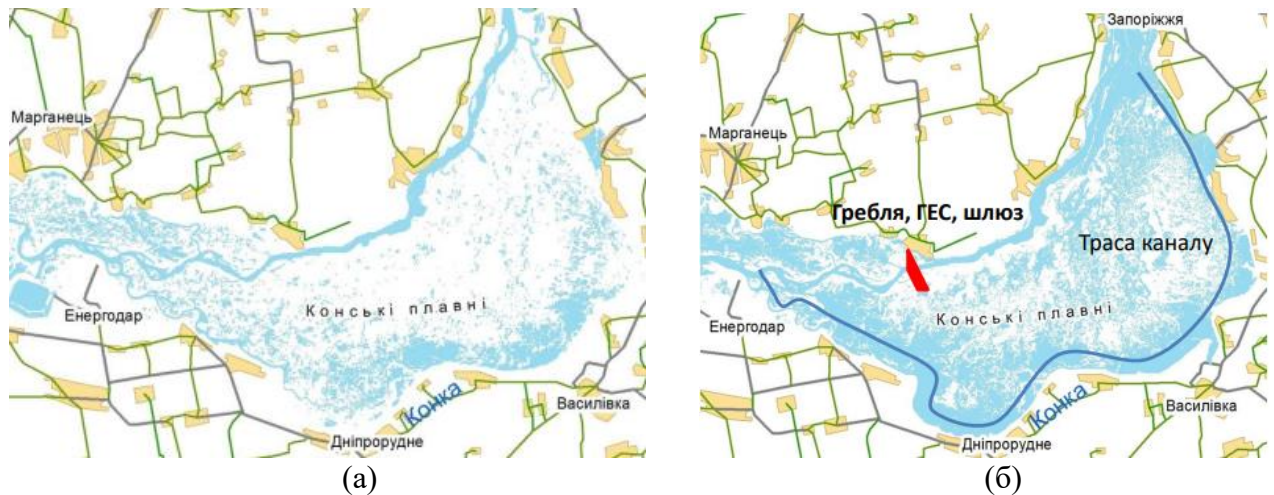


Рис. 4. Картосхема гідровузла на Дніпрі з облаштуванням обхідного водопропускного і рибохідного каналу (ілюстрація): (а) оброблений знімок Sentinel-2 L2A, 01.01.2024; (б) оброблений знімок Sentinel-2 L2A, 25.02.2024

По трасі водопропускного і рибохідного каналу можуть також облаштовуватися рукави, протоки, плеса, перекати, озероподібні ділянки тощо, деякі з них – природним чином, що урізноманітнюватиме ландшафт і створюватиме додаткові можливості для водокористування та формування середовищ екосистемного (ландшафтного) біорізноманіття.

В будь-якому разі, бути чи не бути відновленню Каховського гідровузла – це питання часу. «Терміново наповнювати Каховське водосховище, щоб воно повністю функціонувало», як пропонувала професор Олена Сидоренко [13], вже не вийде. Не можливо також в найближчому майбутньому «збудувати тимчасові гідроспоруди, аби подолати наслідки катастрофи», як зазначав гендиректор «Укргідроенерго» Ігор Сирота [13]. У нас є час, який можна використати з метою напрацювання і аналізу альтернатив, врахування різних ризиків, з ними пов'язаних, включно і ризиків втрачених можливостей, порівняння альтернатив і вибору серед них доцільних і оптимальних [6]. Без компромісних рішень при цьому не обійтись. Ці рішення можуть бути складними і їх доцільність визначатиметься за різними критеріями: економічними, соціальними, екологічними.

Так, певною мірою можна компенсувати втрачені гідроенергетичні потужності Каховської ГЕС за рахунок інших відновлюваних джерел електроенергії [15]. Однак це потребуватиме додаткових зусиль та витрат, які б компенсували і можливості, які дає гідрогенерація, а саме – її високі регулятивні здатності. В свою чергу, не вирішення проблеми надійного водопостачання населення і аграріїв півдня країни та безпечного судноплавства за умов наявності і доступності водних ресурсів Дніпра може призвести до хаотичних дій, які лише погіршать соціально-екологічну ситуацію в регіоні і в країні в цілому [6, 8, 11]. Зокрема, з часом постане питання чи готові ми до зворотної міграції сільського населення з півдня країни в центральні, північні або західні регіони, що, в умовах змін клімату, виснаження ресурсів поверхневих і ґрунтових вод в цих регіонах, посилення антропогенного пресу на природу, потребуватиме не менш складних, а можливо і більш складних рішень [6].

Література

1. Vyshnevskiy, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Yu., and Gleick, P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*; DOI: 10.1080/02508060.2023.2247679.
2. Industry responds to Nova Kakhovka dam breach. Rep. by Suzanne. Pritchard. *Int. Water Power and Dam Construction*. August 2023. 26-29. URL: <https://content.yudu.com/web/442ay/0A444q7/WPD0823-Pros/html/index.html?page=26&origin=reader>.
3. Стефанишин, Д.В., Бенатов, Д.Е. (2023). Катастрофа на Каховському водосховищі: причини і наслідки, які не обговорюють. Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.), КПІ ім. Ігоря Сікорського, 244–247.
4. Afanasyev, S.O. (2023). About the ecological consequences of the destruction of the Kakhovska HPP dam. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.*, 11, 71–80; <https://doi.org/10.15407/visn2023.11.071>.
5. Рогожин, О.Г., Яковлев, Є.О. (2023). Небезпечність консервативного варіанту відновлення Каховського гідровузла для екологічно збалансованого розвитку півдня України. Сталій розвиток – XXI століття. Мат-ли VIII Міжнар. наук.-практ. конф. НаУКМА». За ред. Хлобистова Є.В. Київ, 273-279.
6. Яковлев, Є.О., Рогожин, О.Г., Стефанишин, Д.В., Крета, Д.Л. (2023). Еколого-геологічні і економічні наслідки створення, осушення та можливих варіантів відновлення Каховського водосховища. Екологічна безпека та природокористування, Вип. 4 (48), 91-115; <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.91-116>.
7. Ukraine. Water resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: http://www.fao.org/NR/water/aquastat/countries_regions/Profile_segments/UKR-WR_eng.stm.
8. Чи потрібно відновлювати Каховське водосховище: зважуємо за та проти. <https://rubryka.com/article/chy-potribno-vidnovlyuvaty-kahovske-vodoshovyshhe/>.
9. World Small Hydropower Development Report 2022. UNIDO, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. D. Stefanyshyn. *Ukraine*, 72–82. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2023-08/EASTERN_EUROPE_2022.pdf.
10. Стефанишин, Д.В. (2021). До питання обґрунтування доцільності будівництва Каховської гідроелектростанції-2. *Гідроенергетика України*, 1-2, 22–29.
11. Майбутнє Каховської ГЕС: відбудувати чи залишити так, як є? 07.07.2023. Укрінформ. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3732699-majbutne-kahovskoi-ges-vidbuduvati-ci-zalisiti-tak-ak-e.html>.
12. Про реалізацію експериментального проекту «Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови». Постанова КМУ від 18 липня 2023 р. № 730, Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2023-%D0%BF#n11>.
13. Відтворенню Каховського водосховища немає альтернативи. Новини 08-11-2023. Пресслужба Укргідроенерго. URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/vidtvorennyu-kahovskoho-vodoskhovushcha-nemaye-alternatyvu.
14. Відбудова Каховської ГЕС: передчасне рішення КМУ. «Каховська платформа» закликає уряд переглянути свої наміри. ЕПЛ. URL: <https://epl.org.ua/announces/vidbudova-kahovskoyi-ges-peredchasne-rishennya-kmu/>.
15. «Друге життя» Каховської ГЕС: чи доцільно її відбудувати і які є альтернативи. РБК Україна. 11 серпня 2023 р. URL: <https://www.rbc.ua/rus/styler/druge-zhittya-kahvoskoyi-ges-chi-dotsilno-1691751291.html>.

16. Корольков, В.В. (2023). Каховське водосховище: відбудувати неможливо залишити. Сталий розвиток – XXI століття. Дискусії 2023: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Національний університет «Києво-Могилянська академія». За ред. проф. Хлобистова Є.В. Київ, 280-285. Електронне видання.

17. Stone, R. (2024). Laid to waste. Ukrainian scientists are tallying the grave environmental consequences of the Kakhovka Dam disaster. *Science* 383 (6678), 18-23; DOI: 10.1126/science.adn7986.

18. Україна вирішила будувати нову Каховську ГЕС за \$1 млрд. Чи дійсно вона потрібна? Пояснює керівник «Укргідроенерго» Ігор Сирота. URL: <http://surl.li/mzbjo>.

19. Zauner, G., Jung, M., Lauber, W., Mühlbauer, M., and Ratschan, C. (2017). Dynamischer Umgehungsarm Donaukraftwerk Ottensheim-Wilhering – Durchgängigkeit und Lebensraum. *Wasserwirtschaft* 107(12), 51-57; DOI:10.1007/s35147-017-0210-5.

20. Barrieren überwinden: Europas längste Fischwanderhilfe. URL: <https://www.life-netzwerk-donau.at/de-at/massnahmen/umgehungsarm-ottensheim-wilhering?view=mail>.

TO THE ISSUE OF THE POST-WAR RESTORATION OF THE KAKHOVKA HYDRO UNIT

Dmytro STEFANYSHYN

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the NAS of Ukraine, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7620-1613>

Vasyl KORBUTIAK

National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8273-2306>

Daniel BENATOV

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9626-6759>

Dmytro KRETA

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the NAS of Ukraine, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5897-0008>

Oleksii ROGOZHYN

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the NAS of Ukraine, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8101-9368>

Yevhenii YAKOVLIEV

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the NAS of Ukraine, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6562-4015>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.305265>

Keywords: *alternatives, restoration, reservoir, risk diversification, integrated water resources management, Kakhovka hydro unit, nature-based solutions.*

Abstract

The issue of the post-war rebuilding of the Kakhovka hydro unit, destroyed by the Russian occupation troops in 2022, is considered. Various options are analysed to restore the Kakhovka hydropower plant and reservoir. Proposed is an alternative to restore the Kakhovka hydro unit based on the rational use of water resources and the hydropower potential of the lower Dnieper using integrated water resources management, risk diversification, and nature-based solutions.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.301479>

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ КОВЕЛЯ

Віталіна ФЕДОНЮК, Микола ФЕДОНЮК, Арсен ТЕРЕЩУК

Луцький національний технічний університет

вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Волинська обл., 43018, Україна

e-mail: ecolutsk@gmail.com

Анотація

У роботі проведено аналіз результатів оцінки екологічного стану атмосферного повітря у місті Ковелі (Волинська область) на основі визначення рівня впливу автомобільного транспорту на цей стан. Було оцінено вміст у атмосферному повітрі сполук $(CO)_x$ на основі застосування розрахункової методики, заснованої на емпіричних формулах, в основі розрахунку – встановлення інтенсивності автотранспортного трафіку у різних мікрорайонах міста, його добового режиму, супутніх чинників (серед яких швидкість руху автотранспортних засобів, частка у загальному потоці вантажного транспорту, ландшафтні особливості мікрорайонів). Визначено мікрорайони у місті Ковелі з максимальними концентраціями сполук $(CO)_x$ у атмосферному повітрі, запропоновано заходи для покращення екологічної ситуації у місті.

Ключові слова: *Ковель, атмосферне повітря, екологічний стан, оксиди карбону, концентрація оксидів карбону.*

Екологічний стан атмосферного повітря у містах значною мірою визначається впливом автотранспорту, кількість та модифікації якого постійно зростають, а трафік – зазнає інтенсифікації. Дана проблема є актуальною і для міста Ковеля, другого за розмірами міста у Волинській області, що має густу мережу автотранспортних доріг, є потужним транспортним вузлом регіону в силу свого розміщення у прикордонні та в зоні транспортних автомобільних і залізничних логістичних центрів. Це визначило *актуальність* даного дослідження.

Сучасний екологічний стан м. Ковеля та інших міст Волинської області, а також інструментальні, дистанційні та розрахункові методи його оцінки було проаналізовано у працях Фесюка В.О., Федонюк В.В., Соніча І.І., Федонюка М.А., Хаблюк О.С, Пугача С.О., А.М. Слащука А.М., Іванціва В.В. та інших авторів [1, 2, 3, 4, 5]. Зокрема, у дослідженні [2] дано аналіз розрахункової методики визначення вмісту сполук $(CO)_x$ в атмосферному повітрі, яка застосовувалася у даній роботі.

Метою даної роботи була оцінка екологічного стану атмосферного повітря у м. Ковелі на основі визначення вмісту та розподілу в урбоекосистемі ряду забруднюючих речовин (суми оксидів карбону CO та CO₂, далі – суми сполук $(CO)_x$). Дані сполуки є одними із типових забруднюючих речовин в атмосфері міста, вміст яких в повітрі суттєво залежить від автотранспортного навантаження, характеру та розподілу автотрафіку, географії автотранспортних магістралей та розв'язок в населеному пункті та інших чинників.

В процесі реалізації поставленої мети авторами було вирішено ряд завдань: здійснено аналіз основних чинників, які визначають екологічний стан м. Ковеля, оцінено відносні

показники напруженості автотрафіку в межах урбоекосистеми, проведено розрахункове визначення вмісту сполук (CO)_x у контрольних точках, здійснено графічне представлення і аналіз отриманих числових показників.

Предметом дослідження був вплив автомобільного транспорту на екологічний стан міста Ковеля, структура автотранспортних викидів, зокрема розподіл викидів сполук (CO)_x в межах міста. Практичне значення полягає у можливості застосування рекомендацій, отриманих в результаті дослідження, для зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на території міста Ковеля та його окремих мікрорайонів.

Результати роботи: були проведені дослідження в десяти контрольних точках міста Ковеля, вибраних таким чином, щоб репрезентувати автотранспортне навантаження у різних мікрорайонах та його різну інтенсивність. Максимальну концентрацію сполук (CO)_x на ділянці автотраси в місті було визначено розрахунковим методом [2]. При цьому враховувалися: кількість автомобілів на вибраній ділянці траси протягом однієї години, частка вантажних автомобілів та автобусів (у відсотках), швидкість руху автомобілів, а також коефіцієнт похилу дороги та добова динаміку автотрафіку. При дослідженні території Ковеля щодо забруднення атмосферного повітря викидами (CO)_x, які надходять від автотранспорту, в якості контрольних точок було вибрано вулиці з великою напруженістю руху. Переважно дослідження охопило центральні мікрорайони міста (вулиці Незалежності, Володимирська, Сагайдачного в точках 1 і 2, Грушевського, Шевченка). Було також вибрано для дослідження кілька віддалених від центру міста вулиць, серед них: Брестська, Ярослава Мудрого, Варшавська та О. Ольжича. Виміри проводилися тричі на добу, у ранковий, обідній та вечірній періоди: вранці (8 – 9 год.), у обід (13 – 14 год.), та ввечері (17 – 18 год.). В результаті проведених досліджень було розроблено таблиці, графіки та картограми, які наочно показали геопросторовий розподіл вмісту сполук (CO)_x у атмосферному повітрі м. Ковеля.

Висновки: в результаті проведеного дослідження було розроблено картограми геопросторового розподілу вмісту сполук (CO)_x у атмосферному повітрі по мікрорайонах міста Ковеля, визначено як мікрорайони з найбільш напруженою екологічною ситуацією Центральний район та район «Сільгоспмашзавод», зоною підвищених концентрацій вмісту сполук (CO)_x також є район об'їздної дороги в зоні транспортної розв'язки Луцьк – Ковель – Київ. Запропоновано ряд заходів для зниження негативного екологічного автотранспортного впливу на урбоекосистему Ковеля, серед яких – горизонтальне та вертикальне озеленення, встановлення захисних полімерних екранів на ділянці автотраси Київ – Ковель – Ягодин, що проходить в межах південних околиць міста.

Література

1. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: кол. моногр. / В.О. Фесюк, С.О. Пугач, А.М. Слащук [та ін.]; за ред. В.О. Фесюка. К.: ТОВ «Під-ство «Ві Ен Ей»: 2016. 316 с.

2. Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А. Вплив карантинних обмежень, викликаних епідемією COVID-19, на інтенсивність транспортного руху та екологічний стан у м. Луцьку. *Розвиток транспорту*. Одеса: ОНМУ. 2022. № 1(12). С. 168-180. DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.14>

3. Федонюк В.В., Соніч І.І., Федонюк М.А. Дотримання санітарно-гігієнічних нормативів у зонах поблизу медичних закладів м. Луцька. *Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука практика: матеріали XVIII Міжнародної науково-методичної конференції, 23-24 квітня 2020 року* [Електронне видання]. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2020. С. 185 – 188.

4. Федонюк В.В., Хаблюк О.С., Лінник Д.А. Дослідження негативних чинників автотранспортного впливу на природоохоронних територіях. *Сталий розвиток: захист*

навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. 6-й Міжнародний молодіжний конгрес: збірник матеріалів. Львів: 09-10 лютого 2021 року, Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. 310 с. С.197-198.

5. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Використання інструментів EOS DATA ANALITICS для моніторингу сільськогосподарських земель. *Сільськогосподарські машини*. Луцьк : Вип. 42, 2019. С. 96 – 104. URL: <http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal32/article/view/182>

EVALUATION OF THE PARAMETERS OF THE ECOLOGICAL STATE OF KOVEL

Vitalina FEDONIUK

Lutsk National Technical University

<https://orcid.org/0000-0002-1880-6710>

Mykola FEDONIUK

Lutsk National Technical University

<https://orcid.org/0000-0002-4034-3695>

Arsen TERESHCHUK

Lutsk National Technical University

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.301479>

Keywords: *Kovel, atmospheric air, environmental condition, carbon oxides, concentration of carbon oxides.*

Abstract

The paper analyzes the results of the assessment of the ecological state of atmospheric air in the city of Kovel (Volyn region) based on determining the level of impact of road transport on this state. The content of compounds (CO)_x in the atmospheric air was estimated based on the application of the calculation method based on empirical formulas, the basis of the calculation was the establishment of the intensity of motor vehicle traffic in different microdistricts of the city, its daily regime, related factors (including the speed of motor vehicles, share in the total flow of freight transport, landscape features of microdistricts). Microdistricts in the city of Kovel with the maximum concentrations of compounds (CO)_x in the atmospheric air were determined, and measures to improve the ecological situation in the city were proposed.



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.302467>

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПІДРИВУ ГРЕБЛІ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

Надія ЦЮПА, Данило БЕНАТОВ

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: shuleshova1805@gmail.com

Анотація

Гідроелектрогенерація є важливою складовою енергосистеми України, оскільки ГЕС, у енергосистемі держави, забезпечують маневрові потужності, що дозволяє компенсувати дефіцит теплової та атомної генерації під час пікових навантажень. У 1970-х роках вважалося, що гідроелектростанції не завдають шкоди навколишньому середовищу і є екологічно чистим видом видобування електроенергії. Насправді, побудовані без оцінки екологічних ризиків, ГЕС є серйозною загрозою водним та прибережним екосистемам, оскільки їх будівництво призводить до затоплення значних територій та зменшує біопродуктивність водойм.

Підриг греблі Каховської ГЕС є типовим терористичним актом, вчиненим Російською Федерацією на окупованих нею територіях України. Кваліфікація цього злочину залишається за юристами, а перед екологами повстає питання перспектив відновлення та розвитку територій, що постраждали від техногенної катастрофи. Ця публікація є спробою аналізу наслідків підригу греблі Каховської ГЕС у контексті екологічної безпеки держави.

Ключові слова: *Каховська ГЕС, гребля, підриг, екологічні наслідки, тероризм.*

Гідроелектрогенерація – є важливою складовою енергосистеми України. ГЕС – це маневрові потужності, що дозволяють «підстраховувати» теплову та атомну генерацію під час пікових навантажень. У 1970-х роках вважалося, що гідроелектростанції не шкодять навколишньому середовищу і є екологічно чистим видом видобування електроенергії. Насправді, ГЕС, що побудовані у порушення екологічних норм, є серйозною загрозою водним екосистемам. Їх будівництво призводить до затоплення значних територій, вони зменшують біопродуктивність переформованих водойм. Так, внаслідок будівництва Каховської ГЕС, що тривало з 1952 по 1955 роки, за різними даними, було затоплено від 27 до 90 населених пунктів [1], історичну місцевість, що має назву «Великий Луг», пов'язану з історією Запорізької Січі, давні кургани та інші пам'ятки історії і культури, виведено з обороту значну кількість плідючих сільськогосподарських земель. Водночас будівництво цього гідровузла забезпечило водопостачання посушливих регіонів півдня України, в т.ч. Криму. Об'єкт дозволяв здійснювати регулювання запасів води, необхідних для іригації сільськогосподарських угідь на півдні України через два великі канали — Каховський та Північно-Кримський, а також системи зрошення у Запорізькій та Дніпропетровській областях.

Станція була прийнята до експлуатації 19 жовтня 1959 року з потужністю 312 МВт [2] і стала найпівденнішим (замикаючим) об'єктом Дніпровського каскаду ГЕС. Гребля Каховського гідровузла забезпечувала накопичення до 18,2 км³ води у водосховищі, що за повним об'ємом було найбільшим в Україні [4]. Згідно з інформацією Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2021-му році, системи зрошення, пов'язані з водосховищем, покривали 584 тисячі гектарів сільськогосподарських земель [5]. Протягом 2021 року з цих земель було зібрано 4 млн. тон зернових та олійних культур на суму приблизно 1,5 мільярда доларів [6].

На початку російсько-української війни, у 2014 році, Україна перекрила подачу води Північно-Кримським каналом, що суттєво погіршило ситуацію з прісною водою в окупованому Криму, саме тому, окупація м. Нова Каховка була в пріоритеті вторгнення Росії у 2022 р. У червні 2023 р. російські окупаційні війська підірвали греблю Каховської ГЕС, спричинивши затоплення понад 80 населених пунктів [3], у тому числі кількох районів міста Херсон. Також підірвав греблі Каховської ГЕС залишив Запорізьку АЕС без води для охолодження реакторів, а прилеглі до Каховського водосховища території без зрошення.

Метою цього огляду є класифікація екологічних наслідків руйнування греблі Каховської ГЕС. Актуальність цієї теми обумовлена серйозними екологічними, соціальними та економічними наслідками, що вимагають негайного аналізу та розробки заходів для відновлення екологічного стану постраждалих територій та унеможливлення подібних катастроф у майбутньому. Також актуальним питанням залишається концепція відновлення греблі Каховської ГЕС після деокупації захоплених російським агресором територій.

На базі аналізу літературних джерел ми пропонуємо таку класифікацію наслідків терористичного акту на греблі Каховської ГЕС.

1. Затоплення територій

Хвиля прориву, що утворилась під час руйнування підпірної частини греблі призвела не тільки до руйнувань та підтоплень, а й призвела до переносу сміття, небезпечних хімікатів, трупів тварин, а також, що важливо, боеприпасів, оскільки території навколо греблі, що контролюються російськими військами, були сильно заміновані, на значні відстані. Варто наголосити, що вибухонебезпечні предмети, зокрема протитанкові та протипіхотні міни, наразі, знаходяться у донних підкладеннях, заплавах та на територіях, що зазнали тимчасового підтоплення. До Чорного моря потрапила значна кількість біогенних елементів, що містяться у добривах, зокрема фосфати та нітрати. Крім того було зафіксовано підвищення концентрації важких металів, в т.ч. хрому, у пониззях Дніпра та Дніпро-Бузькому лимані [7]. За даними "Української природоохоронної групи" [8] через руйнування греблі у воду потрапило багато паливно-мастильних матеріалів, що є токсичними для водних мешканців. Крім того, затоплення (підтоплення) населених пунктів, включаючи вигрібні ями, скотомогильники, сільськогосподарські землі та автозаправки, призвело до потрапляння у море нетипово великого обсягу забруднювачів органічного походження, що негативно впливатиме на різні групи живих організмів – від планктону до китоподібних, що населяють Чорне море, у т.ч. і у віддаленій часовій перспективі.

2. Загибель іхтіофауни

На момент руйнування греблі в Каховському водосховищі мешкало не менше 43 видів риб, з яких 20 видів мають промислове значення [9]. За даними [10] під час катастрофи загинуло близько 95 тисяч тон риби, що спричинило збитки на суму понад 108 мільйонів доларів. Також значна кількість прісноводної риби загинула потрапивши у солоні води Чорного моря.

Відповідно така значна кількість мертвої органіки різко понизило кількість розчинного кисню у воді за уповільнило процеси природного самоочищення води.

Окремо варто згадати знищення внаслідок катастрофи, рибогосподарського підприємства з відтворення осетрових видів риб [11], що працювало у Херсонській області з 1984 року та займалось відтворенням популяції осетрових видів риб, що втратили можливість природного розмноження через будівництво на Дніпровського каскаду водосховищ.

3. Масова загибель флори та фауни на прибережних територіях

За даними [12] в окупованій Новій Каховці затопило приватний зоопарк "Казкова діброва", де загинуло близько 250 тварин. Також постраждали національний парк «Нижньодніпровський», де мешкає 120 цінних видів флори та фауни. Підтоплення зачепило типові та рідкісні угруповання заплавної лісів, боліт, лук і степів та призвело до загибелі ендемічних тварин та рослин.

4. Проблеми аграрного сектору

Внаслідок теракту було затоплено близько 10 тисяч гектарів сільськогосподарських земель на правому березі Херсонської області та 20-30 тисяч гектарів на окупованому лівому березі. Припинене водопостачання 31 системи зрошення полів у Дніпропетровській, Херсонській та Запорізькій областях [13], що станом на 2023 р. вже призвело до катастрофічного зниження врожайності сільськогосподарських культур. На даний момент опубліковані статистичні дані по врожайності за 2023 [15] рік і можемо порівняти їх з аналогічними даними за 2021 р. [14] (див. таблицю).

С/г культура	Намолочено, тис.т.		Врожайність, ц/га	
	2023 р.	2021 р.	2023 р.	2021 р.
Пшениця	35,05	2121	30,50	42,20
Ячмінь	19,29	927,4	22,10	44,23
Ріпак озимий	4,4	239,4	11	25,12
Кукурудза	0,16	394,6	28,70	67
Соняшник	45	676,2	14,30	20
Соя	0,3	205,7	15	29,10
Горох	2,6	44,9	18	24,81

5. Поточний екологічний стан територій прилеглих до зруйнованої греблі Каховської ГЕС

На даний момент оцінка поточної ситуації біля Каховського гідровузла ускладнена тим, що лише 32% території, постраждалої внаслідок затоплення в нижньому б'єфі, є деокупованою. Також неможливим є вивчення ситуації на зневоднених ділянках водосховища, прилеглих до лівого берегу Дніпра, що також залишається під окупацією. Торік деякі вчені висловлювали припущення, що Каховське водосховище після спорожнення залишиться замуленим і перетвориться на пустелю, але за рік там виріс молодий ліс. На півночі колишнього

водосховища – більше тополь, на півдні – більше верб. Станом на 2024 р. висота деяких дерев сягає 4,2 метра [16], [17].

Висновки

Руйнування Каховської ГЕС стало жахливою трагедією, що забрала життя людей, серед яких були знайомі співавторки цієї публікації. Ця катастрофа не лише зруйнувала домівки українських громадян, але й завдала непоправної шкоди природі та економіці регіону. Хвиля прориву, що зруйнувала або підтопила населені пункти, принесла з собою сміття, небезпечні хімікати, трупи тварин та боєприпаси, що нині та у майбутньому загрожуватимуть життю та здоров'ю людей на прилеглих територіях.

Аграрні проблеми, спричинені затопленням тисяч гектарів сільськогосподарських земель та припиненням водопостачання систем зрошення, підривають продовольчу безпеку України та залежних від поставок сільськогосподарської продукції країн.

Масова загибель риби, а також флори та фауни на прибережних територіях, затоплення цінних екосистем, таких, як заплавні ліси, болота та луки є свідченнями екоциду окупаційних військ, що у майбутньому буде підґрунтям для міжнародного судового процесу і справедливого покарання агресора.

Відновлення гідровузлу та прилеглих територій вимагатиме величезних капіталовкладень та ретельного еколого-інженерного планування. Одне з можливих рішень – відтворення Каховського водосховища у значно менших межах та значно меншого об'єму, з підпірною лівобережною дамбою (за прикладом Київського водосховища).

Безумовно, що після деокупації регіону, стратегія відновлення Каховського гідровузла має бути спрямована не лише на відбудову інфраструктури і відновлення прибережних екосистем, але й на підтримку людей, що втратили своїх рідних, близьких, домівки та майно.

Література:

1. Лебідь Н. Каховська ГЕС: історія та трагедія споруди [Електронний ресурс] / Наталія Лебідь. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://cpc.com.ua/articles/kakhovska-ges-istoriya-ta-tragediya-sporudi>.
2. Каховська гідроелектростанція [Електронний ресурс] // Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Kakhovka_Dam.
3. Підрив окупантами Каховської ГЕС. ЕКОЦИД [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://mvs.gov.ua/news/terroristicii-pidriv-kakhovskoyi-ges-ekocid>.
4. Каховській ГЕС – 66! За досягненнями станції - наполеглива праця та високий професіоналізм колективу [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/kakhovskiy-ges-66-za-dosyagnenniyami-stancii-napolegliva-pracyata-visokiy.
5. Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни та повоєнного відновлення економіки України: аналіт. доп. / [О. В. Собкевич, А. В. Шевченко, В. М. Русан та ін.]; за загальн. ред. Я. А. Жаліла – Київ: НІСД, 2024. – 104 с. – <https://doi.org/10.53679/NISSanalytrep.2024.03>.
6. Забруднення Чорного моря як наслідок аварійної ситуації, яка склалася після підриву греблі Каховської ГЕС [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://sea.gov.ua/index.php/2023/06/27/ges_explosion_conseq/.
7. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища Одеської області у 2022 році – Одеса, 2023. – 203 с. – (Одеська обласна державна адміністрація).
8. Кисельова М. Незворотні зміни. Як знищення греблі Каховської ГЕС нашкодить українській екології [Електронний ресурс] / Марія Кисельова. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-65858913>.
9. Мойсієнко І. Якими є наслідки російського теракту на Каховській ГЕС для дикої природи? [Електронний ресурс] / І. Мойсієнко та інш. – 2023. – Режим доступу до ресурсу:

Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

<https://sheriffua.org/news/analitichni-statti/jakimi-je-naslidki-rosijskogo-teraktu-na-kahovskij-ges-dlja-dikoji-prirodi>.

10. Драган Л. Фактичний та візуальний екологічний стан навколишнього середовища після руйнації каховської ГЕС / Л. Драган, Н. Михайленко, Т. Берсан. // Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України. Збірник матеріалів науково-практичної конференції (Україна, Київ, 19-20 липня 2023 р.). – 2023. – С. 66–68.

11. Єдиний державний осетровий завод в Україні повністю затоплено [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://darg.gov.ua/index.php?lang_id=1&content_id=12644&lp=27.

12. Яковленко К. Музей, археологічні пам'ятки і зоопарк: що під загрозою після підризу Каховської ГЕС [Електронний ресурс] / К. Яковленко, Є. Луценко. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://suspilne.media/culture/498982-muzej-arheologicni-pamatki-i-zoopark-so-pid-zagrozou-pisla-pidrivu-kahovskoi-ges>.

13. Врожай онлайн 2021 [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2021>.

14. Врожай онлайн 2023 [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2023>.

15. Бондаренко М. Річниця підризу Каховської ГЕС: які наслідки екоциду та чи варто відбудовувати [Електронний ресурс] / Марта Бондаренко. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20240606-richnyczya-pidryvu-kahovskoyi-ges-yaki-naslidky-ekocydu-ta-chy-varto-vidbudovuvaty/>.

16. Іванова Т. Подія 2023 року: підризу Каховської ГЕС та його наслідки для Херсонщини [Електронний ресурс] / Таміла Іванова. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://suspilne.media/kherson/647518-podia-2023-roku-pidriv-kahovskoi-ges-ta-jogo-naslidki-dla-hersonsini/>.

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF THE KAKHOVKA HYDROELECTRIC POWER STATION DAM BLOWING UP

Nadiia TSIUPA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine, Ukraine

Daniel BENATOV

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Ukraine, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9626-6759>

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.302467>

Keywords: *Kakhovka HPP, dam, explosion, environmental consequences, terrorism.*

Abstracts.

Hydropower generation is an important component of Ukraine's power system, since HPPs in the country's power grid provide maneuvering capacities that allow compensating for the shortage of thermal and nuclear generation during peak loads. In the 1970s, it was believed that hydroelectric power plants did not harm the environment and were an environmentally friendly form of electricity generation. In fact, built without an environmental risk assessment, hydropower plants pose a serious threat to aquatic and coastal ecosystems, as their construction leads to the flooding of large areas and reduces the biological productivity of water bodies. The explosion of the Kakhovka HPP dam is a typical terrorist act committed by the Russian Federation in the occupied territories of Ukraine. The qualification of this crime is left to lawyers, and environmentalists are faced with the question of the prospects for the restoration and development of the territories affected by the man-made disaster. This publication is an attempt to analyze the consequences of the Kakhovka hydroelectric power station dam explosion in the context of the state's environmental security.

КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського

Для підготовки спеціалістів з проблем охорони навколишнього середовища в серпні 1988 р. на базі відділення целюлозно-паперового виробництва та лабораторії промислової екології хіміко-технологічного факультету Київського політехнічного інституту була створена кафедра технології целюлозно-паперового виробництва та промислової екології. Для поліпшення підготовки інженерів-екологів з питань контролю забруднення довкілля у вересні 1990 р. до неї приєднали також і кафедру аналітичної хімії.

Велику роботу у створенні кафедри і підготовці фахівців за новою спеціальністю «Промислова екологія та охорона навколишнього середовища» здійснив професор, доктор технічних наук О. П. Шутько, який з 1988 по 1996 рр. очолював кафедру.

З 1993 року на кафедрі відкрита аспірантура з технології целюлозно-паперового виробництва та промислової екології. У тому ж році з ініціативи кафедри була організована перша в Україні Вчена рада з присудження вчених ступенів доктора та кандидата наук (Д 1.02.01) за спеціальностями целюлозно-паперової технології та промислової екології.

Крім організації навчального процесу для спеціалістів-екологів, кафедра продовжує готувати хіміків-технологів целюлозно-паперового виробництва (денна та заочна форми навчання).

Основні напрями наукової діяльності кафедри:

- розробка нових видів реагентів для процесів водоочистки, водопідготовки та переробки відходів;
- розробка технологій одержання волокнистих напівфабрикатів із соломи та інших однорічних рослин.

У лютому 2000 р. кафедра увійшла до структури інженерно-хімічного факультету (ІХФ), а в листопаді 2002 р. була перейменована на кафедру екології та технології рослинних полімерів.

Кафедра активно співпрацює з підприємствами паперової галузі, галузевими та академічними інститутами. Всі випускники обох спеціальностей зазвичай отримують престижні вакансії на підприємствах і в наукових установах України.

При кафедрі працює аспірантура, а її випускники, як правило, продовжують наукову та педагогічну діяльність у стінах кафедри.

Завідувач кафедри – д-р тех. наук, проф. Гомеля Микола Дмитрович.

Контактна інформація:

пр. Берестейський 37, корпус №4, м. Київ 03056, Україна

E-mail: eco-paper@kpi.ua

Телефон: (+38044) 204-91-40

Факс: (+38044) 236-60-83

<http://www.eco-paper.kpi.ua>