



ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:

ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО,
ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ

**V Міжнародна науково-технічна конференція
11-13 жовтня 2023, Україна, Львів**

Збірник матеріалів



**ВОДОПОСТАЧАННЯ
І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:
ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО,
ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ**

V МІЖНАРОДНА НАУКОВА-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
11-13 жовтня 2023, Україна, Львів

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Київ
Яроченко Я. В.
2023



**WATER SUPPLY
AND WASTEWATER DISPOSAL:
DESIGNING, CONSTRUCTION,
OPERATION AND MONITORING**

V INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE
11-13 October 2023, Ukraine, Lviv

MATERIALS

Київ
Яроченко Я. В.
2023



Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
Університет «Люблінська політехніка», м. Люблін, Польща
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ: ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВА-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
11-13 жовтня 2023, Україна, Львів

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

Київ
Яроченко Я. В.
2023



Ministry of Education and Science of Ukraine
National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine
Lublin University of Technology, Lublin, Poland
All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL: DESIGNING, CONSTRUCTION, OPERATION AND MONITORING

V INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE
11-13 October 2023, Ukraine, Lviv

PROCEEDINGS

Київ
Яроченко Я. В.
2023

УДК 556.11

В 62

DOI <https://doi.org/10.51500/7826-33-9>



Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
Університет «Люблінська політехніка», м. Люблін, Польща
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

Ministry of Education and Science of Ukraine
National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine
Lublin University of Technology, Lublin, Poland
All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

Рецензенти / Reviewers:

- | | |
|---|--|
| Пляцук Л. Д.
<i>Prof. L. Pliatsuk</i> | доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природозахисних технологій Сумського державного університету.
<i>Sumy State University.</i> |
| Шмандій В. М.
<i>Prof. Shmandiy</i> | доктор технічних наук, професор кафедри екології та біотехнології Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського.
<i>Kremenchuk National University named after Michael Ostrogradskiy.</i> |
| Адаменко Я. О.
<i>Prof. Adamenko</i> | доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.
<i>Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.</i> |

В 62 Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг. V міжнародна науково-технічна конференція, 11-13 жовтня 2023, Україна, Львів : зб. матер. — Електрон. дан. — Київ : — Яроченко Я. В., 2023. — 91 с. : рис., табл., фот. — on-line. = *Water Supply and Wastewater Disposal: designing, construction, operation and monitoring. V International Scientific-Technical Conference, 11-13 October 2023, Ukraine, Lviv : Proceedings — Eelectron. Data — Kyiv : — Ya.Yarochenko, 2023. — 91 p. : illustrations, tables, photographs — on-line.*

ISBN 978-617-7826-33-9 (on-line)

Збірник матеріалів містить тези учасників V Міжнародній науково-технічній конференції «Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг», що проводилася 11-13 жовтня 2023 року на базі Національного університету «Львівська політехніка» у місті Львові. Всі матеріали подано в авторській редакції. Відповідальність за точність поданих фактів, цитат, цифр і прізвищ несуть автори.

The collection of proceedings of the conference includes participants' abstracts of IV International Scientific- Technical Conference «Water Supply and Wastewater Disposal «Designing, construction, operation and monitoring» took place on 11-13 October, 2023 at Lviv Polytechnic National University, Lviv.

УДК=UDK 556.11

ISBN 978-617-7826-33-9 (on-line)

© Авторський колектив, 2023
© НУ «Львівська політехніка», 2023
© Яроченко Я. В., 2023

Організатори конференції

- Національний університет «Львівська політехніка» м. Львів, Україна
- Університет «Люблінська політехніка», м. Люблін, Польща
- Всеукраїнська екологічна ліга, м. Київ, Україна

Науковий комітет конференції

Голова програмного комітету:

Проф., д.т.н. М. Мальований – Національний університет «Львівська політехніка»

Члени програмного комітету:

Проф., д.т.н. Б. Ковальська – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. Г. Собчук – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. Я. Гумницький – Національний університет «Львівська політехніка»

Проф., д.т.н. Д. Ковальські – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. М. Кветнєвські – Варшавська політехніка

Проф., д.т.н. Я. Макія – Гданська політехніка

Проф., д.т.н. Г. Боровські – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. О. Мороз – Національний університет «Львівська політехніка»

Проф., д.т.н. М. Гіроль – Національний університет водного господарства та природокористування

Проф., д.т.н. О. Ткачук – Національний університет водного господарства та природокористування

Проф., д.т.н. В. Ковальчук – Національний університет водного господарства та природокористування

Проф., д.т.н. Є. Кузьмінський – Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Проф., д.т.н. Л. Саблій – Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Проф., д.т.н. В. Чернюк – Національний університет «Львівська політехніка»

Доц., к.т.н. В. Жук – Національний університет «Львівська політехніка»

Доц., к.т.н. О. Мацієвська – Національний університет «Львівська політехніка»

Доц., к.ф.-м.н. Р. Романюк – Західний наукового центру НАН України та МОН України

Проф., д.т.н. І. Зімох – Сілезька політехніка

Проф., д.т.н. М. Райфур – Університет Опольський

Проф., д.т.н. А. Долганчик-Срудка – Університет Опольський

Проф., д.т.н. А. Гловацька – Західнопоморський технологічний університет у Щецині

Проф., д.т.н. М. Зубровська-Судол – Політехніка Варшавська

Проф., д.т.н. А. Монтусєвіч Агнешка – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. Я. Червінський – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. М. Відомські – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. З. Сухораб – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. Г. Лагуд – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. Я. Дреновський – Гданська політехніка

Проф., д.т.н. М-А. Іванек – Люблінська політехніка

Проф., д.т.н. Я. Кроліковська – Краківська політехніка

Проф., д.т.н. Е-П. Шалінська ван Овердійк – Науково-технічний університет імені Станіслава Сташича у Кракові

Conference Organizers

- National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine
- Lublin University of Technology, Lublin, Poland
- All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

Scientific Committee

Head of Scientific Committee:

Prof, D.Sc. M. Malovanyy – Lviv Polytechnic National University

Scientific Committee Members:

Prof., dr hab. inż. B. Kowalska – Lublin University of Technology

Prof. dr hab. H. Sobczuk – Lublin University of Technology

Prof., D.Sc. Ya. Humnytskyi – Lviv Polytechnic National University

Prof. PL, dr hab. inż. D. Kowalski – Lublin University of Technology

Prof., dr hab. inż. M. Kwietniewski – Warsaw University of Technology

Prof., dr hab. inż. J. Małkinia – IWA Poland / Gdańsk University of Technology

Prof. dr hab. inż. G. Borowski – Lublin University of Technology

Prof., D.Sc. O. Moroz – Lviv Polytechnic National University

Prof, D.Sc. M.Hirol – NUWM, Rivne

Prof., D.Sc. O. Tkachuk – NUWM, Rivne

Prof., D.Sc. V. Kovalchuk – NUWM, Rivne

Prof, D.Sc. Ye. Kuzminskyi – NTUU „KPI”, Kyiv

Prof, D.Sc. L. Sabliy – NTUU „KPI”, Kyiv

Prof, D.Sc. V. Chernyuk – Lviv Polytechnic National University

Assoc.Prof., C.Sc. V. Zuk – Lviv Polytechnic National University

Assoc.Prof, C.Sc. O. Matsiyevska – Lviv Polytechnic National University

Assoc.Prof, C.Sc. R. Romaniuk – ZNCNANU and MOE of Ukraine

Prof. dr hab. inż. I. Zimoch – Silesian University of Technology

Prof. UO, dr hab. M. Rajfur – University of Opole

Prof. UO, dr hab. A. Dołhańczuk-Śródka – University of Opole

Prof. ZUT, dr hab.inż. A. Głowacka – University of Opole

Prof. PW, dr hab. inż. M. Żubrowska-Sudoł – Warsaw University of Technology

Prof. PL, dr hab. inż. A. Montusiewicz – Lublin University of Technology

Prof. PL, dr hab. inż. J. Czerwiński – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. M. K. Widomski – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. Z. Suchorab – Lublin University of Technology

Prof. PL dr hab. inż. G. Łagód – Lublin University of Technology

Prof. PG, dr hab. inż. J. Drewnowski – IWA Poland / Gdańsk University of Technology

Prof. PL, dr hab. inż. M. Iwanek – Lublin University of Technology

Prof. PK, dr hab. inż. J. Królikowska – Krakow University of Technology

Prof. AGH dr hab. inż. E. Szalińska Van Overdijk – AGH Krakow

CONTENTS

1.	MASIKEVYCH A., MASIKEVYCH Yu. COLLISIONS REGARDING SURFACE WATER QUALITY MONITORING IN UKRAINE.....	11
2.	КРУПІЙ К.С., ОВЕРЧЕНКО А.В. БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ У КАХОВСЬКОМУ МАГІСТРАЛЬНОМУ КАНАЛІ НА ОКУПОВАНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖЖЯ ХЕРСОНЩИНИ.....	12
3.	АДАМЕНКО Я.О. МОДЕЛЮВАННЯ ШЛЕЙФУ МУТНОСТІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ РОБІТ.....	13
4.	MITRYASOVA O., SMYRNOV V., MATS A. ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY OF THE BUZKY ESTUARY WITHIN THE MYKOLAIV CITY.....	14
5.	УБЕРМАН В.І., ВАСЬКОВЕЦЬ Л.А. ОСОБЛИВОСТІ УКРАЇНСЬКОГО ЕКОЛОГО-ПРАВОВОГО БАСЕЙНОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ СКИДАННЯ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН.....	15
6.	БОЙКО Р.Я., МАЛЬОВАНІЙ М.С., КОРБУТ М.Б., ТИМЧУК І.С. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНОВМІСНИХ (В ТОМУ ЧИСЛІ ХАРЧОВИХ) ВІДХОДІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	17
7.	ГРЕЧАНИК Р.М., МАЛЬОВАНІЙ М.С., ЖУК В.М., ТИМЧУК І.С., СЛЮСАР В.Т., МАРАХОВСЬКА А.О. КОМПЛЕКСНА БАГАТОВАРІАНТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТИВ СМІТТЄЗВАЛИЩ.....	18
8.	САКАЛОВА Г.В., ФАБ'ЯНЧУК І.Г., ІВАНОВ І.А. ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	19
9.	ПРОСКУРНІЙ О.А., ВАСИЛЕНКО С.Л., ДЕМ'ЯНОВА О.О. НЕДОЛІКИ СПРОЩЕНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КРАТНОСТІ ОСНОВНОГО РОЗБАВЛЕННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД У ВОДОЙМИЩІ.....	21
10.	DYACHOK V., HUNLYCH S. THE ADVISABILITY OF USING MICROALGAE BIOMASS AS BIOFUEL.....	23
11.	CHERNYSH Y., STEJKALOVA L., SOLDAN P., LAI F.Y., KHAN U.A., STALSBY LUNDBORG C., BALDACCI C., GIAMBERINI L., MINGUEZ L., BLANCO A. ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT: OVERVIEW OF APPROACHES AND TRENDS FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT.....	24
12.	ЧЕРНЮК В.В., БІГУН І.В., ФАСУЛЯК В.С., КУЛИК М.П. УРАХУВАННЯ ЗМІННОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ У ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОМУ РІВНЯННІ ДЛЯ НАПІРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ-ЗБИРАЧІВ.....	26
13.	ВАСИЛІНИЧ Т.М., ГЛИГА А.Д., ДЕРЕБЧИНСЬКА М.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ НА СТОКАХ МОЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	28
14.	ПРОЦЕНКО С.Б., КІЗЄСВ М.Д., НОВИЦЬКА О.С. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДІЮЧИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД ПІД ЧАС ЗДІЙСНЕННЯ ЗАХОДІВ З ЇХНЬОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ.....	29
15.	ЮРЧЕНКО В.О., СМІРНОВ О.В. ВПЛИВ УТВОРЕННЯ СІРКОВОДНЮ В КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ СПОРУД ВОДОВІДВЕДЕННЯ Й ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ТА РІВЕНЬ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	31
16.	ЧМИР І.С., ЛЮТА О.В. ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УКРАЇНИ.....	33
17.	DYBEK V., ANDERS D., HERKOWIAK M., HOŁAJ-KRZAK J.T., WAŁOWSKI G. MANAGEMENT OF AGRICULTURAL WASTE - POLYDISPERSE SUBSTRATE, FOR THE NEEDS OF A MOBILE MICRO-BIOGAS PLANT.....	34
18.	БОРИСОВ І.О., ГЕВОД В.С., КОВАЛЕНКО І.Л. БЕЗРЕАГЕНТНЕ ЗНИЖЕННЯ ГІДРОГЕНКАРБОНАТНО-КАЛЬЦІЄВОЇ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ: РІВНОВАЖНІ СТАНИ ТА КІНЕТИКА.....	35
19.	TSYTLISHVILI K. A NOVEL APPROACH FOR DEACTIVATING ANTIBIOTICS FROM WASTEWATER BY COMBINATION BIOSORPTION METHOD AND ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOP).....	36

20.	SOROKINA K., KOBYLIANSKYI V., TSAPKO N. ENSURING MICROBIOLOGICAL SAFETY OF DRINKING WATER.....	37
21.	ТРОХИМЕНКО Г.Г., ГОСТЄВА Д.В. СВЕРДЛОВИНИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ У МІСТІ МИКОЛАЇВ.....	39
22.	БОРДУН І.М., МАЛЬОВАНИЙ М.С., БОРИСЮК А.К., НАГУРСЬКИЙ Н.О. СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ АДСОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ СУБМІКРОННОГО ПОРОШКУ ЗАЛІЗА І ЛІГНІНУ.....	40
23.	ПЕТРУШКА К.І., ПЕТРУШКА І.М. ПРОГНОЗУВАННЯ МІГРАЦІЇ ОКСИДІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА У ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ.....	41
24.	АВДІЄНКО І.А. ЮРЧЕНКО В.О. ВИКИДИ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК І ЗОКРЕМА ФОРМАЛЬДЕГІДУ З МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	43
25.	ЖДАНЮК Н.В. ОТРИМАННЯ СТАБІЛЬНОЇ ДИСПЕРСІЇ НАНОЧАСТИНОК НУЛЬ-ВАЛЕНТНОГО ЗАЛІЗА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД.....	45
26.	SHEVCHENKO A., MIASOIEDOV O., SHEVCHENKO T. ANAEROBIC DIGESTATE DEWATERING EFFICIENCY STUDY BY APPLYING ADVANCED SLUDGE CONDITIONING METHODS.....	47
27.	СМИК І.Є., АРХИПОВА Л.М. ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ В ТУРИСТИЧНИХ РАЙОНАХ ІВАНО-ФРАНКІВЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	49
28.	ZHUKOVA V., SABLII L. IMMOBILISATION OF MICROORGANISMS AS A KEY SOLUTION FOR WASTEWATER TREATMENT OF BATCH FACILITIES.....	51
29.	ЧЕРНІКОВ О.В., МОІСЄЄВ О.В. МОЖЛИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ФІЛЬТРПРЕСІВ ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	52
30.	AHNERT M. FROM OPERATIONAL DATA TO A FINAL REPORT - AN (ALMOST) SEAMLESS DIGITAL APPROACH TO WASTEWATER TREATMENT PLANT DESIGN.....	54
31.	LAGIEWKA J., ZAWIERUCHA I. REMOVAL OF ORGANIC DYES VIA SORPTION/SEPARATIVE TECHNIQUES BASED ON CYCLODEXTRINS.....	56
32.	ШЕРСТЮК Д.М., ІЛЬЄНКО Т.В. ВИКОРИСТАННЯ ЦІАНОБАКТЕРІЙ ЯК БІОЛОГІЧНИЙ МАРКЕР В СУПУТНИКОВОМУ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	58
33.	СОРОКІНА В.Ю., АЙРАПЕТЯН Т.С., ІСАКІЄВА О.Г., ГАЙДУЧОК О.Г., КАШИРІН В.А. ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАКУУМНОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ УКРАЇНИ.....	60
34.	СИРОВАТСЬКИЙ О.А., КАРАГЯУР А.С., ТІТОВ А.А. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІДСТІЙНИХ СПОРУД.....	62
35.	ЕПОЯН С.М., ГАЙДУЧОК О.Г., ВЕРТИПОРОХ С.С., ДЗЮБА С.Ю. АКУСТИЧНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ОЧИЩЕНІ ПРИРОДНИХ ВОД ДО ПИТНОЇ ЯКОСТІ.....	64
36.	ЛОПУШАНСЬКИЙ О.М. МІКРОВОДОРОСТІ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ СТІЧНИХ ВОД ТА ВИКИДІВ CO ₂ У ПРОМИСЛОВОМУ ТВАРИННИЦТВІ.....	65
37.	МОКРИЙ В.І., ПЕТРУШКА І.М., АРУСТАМЯН Е.М., БОНДАРЬ В.І. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОРМУВАННЯ ГІС-ПРОЕКТУ «ГІДРОЛОГІЧНА МЕРЕЖА НПП ПІВНІЧНЕ ПОДІЛЛЯ».....	66
38.	НИЖНИК Т.Ю., СТІКАЛЕНКО Т.В. ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДГОТОВЛЕННЯ ВОДИ.....	67
39.	СИДОР Т.А., ОРЕЛ В.І. ПРОПОЗИЦІЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ НЕТИПОВИХ МІСЦЕВИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОРІВ.....	69
40.	ПОЛЯКОВ В.Л., МАРТИНОВ С.Ю. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБІРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИМ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯМ ПІДЗЕМНИХ ВОД.....	70
41.	WITT K. THE NEW WATER-INSOLUBLE B-KETOIMINES CAPABLE OF BINDING METAL IONS FROM WATER SOLUTIONS.....	72
42.	ПОЛКОВНИКОВ Д.А., ІВАНОВА В.В. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АЗОВСЬКОГО МОРЯ.....	73

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

43.	РИБАЛОВА О.В., БРИГАДА О.В., ІЛЬІНСЬКИЙ О.В. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ.....	75
44.	МАГАСЬ Н.І. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЯК ПРИОРИТЕТНОГО ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	76
45.	TRAWCZYŃSKA I. A SIMULATION OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BIOSORPTION PROCESS OF COPPER IONS BY ALGINATES.....	77
46.	МОСІЩУК А., МОСІЩУК У. TYPICAL EXAMPLE OF THE PROCESS OF ZERO DISCHARGE OF SEWAGE SLUDGE.....	78
47.	ПАСТЕРНАК О.М., МІТЮШКІНА Х.С., АРУСТАМЯН Е.М, БОНДАРЬ В.І., ПЕТРУШКА І.М., МОКРИЙ В.І. ВПЛИВ ВІЙНИ НА ВОДОПРОВІДНІ І КАНАЛІЗАЦІЙНІ МЕРЕЖІ МАРІУПОЛЯ.....	79
48.	KHRUSHCHUK Kh., SEMENIUK M., KORDAN V., BALIN K., HERTSYK O., GOLBA S., KAROLUS M., VOICHYSHYN L., SLYVKA Yu. EFFECT OF SHORT HEAT TREATMENT OF AMORPHOUS METAL ALLOY AL87GD5NI4FE4 ON DECOLORIZATION OF DYES.....	80
49.	ГЛАМАЗДІН П.М., ГАБА К.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ, МОДИФІКОВАНОЇ ЕФІРАМИ ЖИРНИХ КИСЛОТ.....	81
50.	ГАРКУША М.В. ВПЛИВ ПОШКОДЖЕНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА З ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	82
51.	МАКОВСЬКИЙ Є.С., ЖУК В.М. ВИДИ ЗАВАНТАЖЕНЬ СОРБЦІЙНИХ ФІЛЬТРІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ДООЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	84
52.	БУТЕНКО Е.О., ВОЛОШИН В.С. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	86
53.	ВОЛОШИН В.С., БУТЕНКО Е.О. ВІДНОСНО ПИТАННЯ ПРО ДЕЯКІ НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ЩОДО ПИТНОЇ ВОДИ.....	88
54.	СМАЛЮХ О.П., ВОНІТОВА Н.Д. ПОМОЖЕШ ВОДІ – ЗАРАДИШ БІДІ.....	90

MASIKEYVCH A., MASIKEYVCH Yu. (UKRAINE, CHERNIVTSI)
COLLISIONS REGARDING SURFACE WATER QUALITY MONITORING IN UKRAINE
Bukovynian State Medical University, 58002, Chernivtsi, square Teatralna, 2
E-mail: office@bsmu.edu.ua

Abstract. The main normative legal acts adopted in Ukraine regarding the implementation of state water monitoring were analyzed. The role of the main entities performing state water monitoring is shown. Attention is focused on the inconsistency of some regulatory and legal documents in the field of implementation of state water monitoring in Ukraine and their adaptation to the requirements of the EU Water Directives.

Resolution No. 758 of the Cabinet of Ministers of Ukraine (CMU) dated September 19, 2018 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-n#Text>) approved a new procedure for state monitoring of water, including surface water. In particular, this Resolution states that the objects of state water monitoring are bodies of surface water, including coastal waters and zones (territories) that are subject to protection. The subjects of state water monitoring are the Ministry of Environment, the State Water Agency, the State Geological Survey, and the State Emergency Service. Entities performing state social and hygienic monitoring provide data obtained as a result of such monitoring to entities of state water monitoring free of charge. General coordination and organization of state water monitoring is carried out by the Ministry of Environment. The Ministry of Environment is developing a state water monitoring program, which must necessarily contain: biological, physicochemical, chemical and hydromorphological indicators. Based on data and information obtained as a result of state monitoring of surface water bodies, their ecological and chemical condition is determined.

In accordance with the aforementioned Resolution of the CMU, in May 2020, the website of the State Water Resources Agency of Ukraine (<https://davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1>) posted information about the organization of state water monitoring. In particular, it is noted that since 2019, European approaches to water monitoring have been introduced in Ukraine in accordance with the requirements of EU Directives. Appendix 1 to this Resolution of the CMU provides a detailed list of biological indicators of diagnostic monitoring and states that the State Emergency Service is responsible for these indicators. However, this list does not include the definition of microbiological indicators, despite the fact that Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:064:0037:0051:EN:PDF>) provides for this procedure. Moreover, it is not clear why the State Emergency Service is responsible for indicators of this kind, does this service have the appropriate specialists and equipment?

Besides that, in the previously adopted Resolution of the CMU dated August 20, 2014 No. 393 "On approval of the Regulation on the State Agency of Water Resources of Ukraine" (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/393-2014-%D0%BF#Text>) it is noted that the State Water Agency, in accordance with the tasks assigned to them... "conducts the analysis of surface water quality and notifies executive authorities and local self-government bodies". According to the information posted on the website of the State Water Agency (<https://davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1>), the agency is transforming the existing monitoring system with the distribution of functions between existing laboratories and avoiding their duplication. To ensure the performance of measurements of priority pollutants in Ukraine, the equipment of 4 basic laboratories - Western, Eastern, Northern and Southern regions. Inconsistency or duplication again? Who is responsible for the biological indicators of diagnostic monitoring of waters of the State Emergency Service or the State Water Agency? Should there be microbiological indexes in the list of biological monitoring indicators?

**КРУПІЙ К.С., ОВЕРЧЕНКО А.В. (УКРАЇНА, ЗАПОРІЖЖЯ)
БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ У КАХОВСЬКОМУ МАГІСТРАЛЬНОМУ
КАНАЛІ НА ОКУПОВАНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖЖЯ ХЕРСОНЩИНИ**

*Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
69000, просп. Маяковського, 26, Запоріжжя, Україна; mail@tphu.edu.ua*

Abstract. The authors recommend the use of *D. carota* subsp. *sativus*, *S. lycopersicum*, and *C. maxima* in phytotesting, as the water under study had a noticeable oligodynamic effect on the length of roots and sprouts of these test plants. Seeds of *C. pepo* reacted equally to the toxicity of samples 1 and 3 and did not germinate when exposed to water from sample 2, so they cannot be used to assess the toxicity of water in certain areas of water intake, since a comparative analysis of the impact of such water and these test crops is difficult.

Актуальність дослідження пов'язана з необхідністю пошуку простих і доступних методів визначення якості води на тимчасово окупованих територіях України та / або територіях, що зазнали техногенної катастрофи. Мета роботи: визначити якість води Каховського магістрального каналу (далі – КМК) на окупованому лівому березі Херсонщини за допомогою фітотестування.

Матеріали та методи дослідження. Токсичність зразків води оцінювали за допомогою методу «Ростового тесту» з визначенням фітотоксичного ефекту (далі – ФЕ). Тест-культури: *Cucurbita pepo*; *Daucus carota* subsp. *sativus*; *Solanum lycopersicum*; *Cucurbita maxima*. Зразки води відбирали 6 липня 2023 р. (через місяць після підриву російськими окупантами греблі Каховської ГЕС). Місце відбору – КМК довжиною 130 км, що бере початок з Каховського водосховища. Зона затоплення знаходиться за 35 км від досліджуваних точок, де відбирали зразки води. Місця відбору проб розташовані в Каховському районі на території с. Софіївка Херсонської області. Точка відбору проби води № 1 розташована за 60 км від місця підриву Каховської ГЕС; № 2 – за 59 км; № 3 – за 58 км. Контроль – кип'ячена відстояна водогінна вода.

Результати дослідження. Органолептичні та деякі фізико-хімічні властивості води у контрольному та дослідних зразках здебільшого не перевищували норму [ДСанПіН № 683] (табл. 1).

Таблиця 1

Органолептичні та деякі фізико-хімічні показники води з КМК

Показник	Контроль	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Запах при Т 20 °С, бали	0	1 (болотяний)	0	0
Запах при Т 60 °С, бали	1 (металевий)	3 (гнильний)	1 (металевий)	0
Забарвленість, градуси	< 10	40	20	< 10
Каламутність, мг/дм ³	< 1	2,5	2	1,5
Смак і присмак, бали	< 2 (солоний присмак)	4 (солодкий смак)	0	0
Водневий показник (рН)	7,9	6,0	6,5	7,2

ФЕ зразку № 2 на тест-культуру *C. pepo* був 100 %. Вода варіанту № 1 та № 3 проявила майже однаковий негативний вплив на ці тест-рослини. Довжина коренів була 5,2 та 4,9 см, а паростків – 16,5 та 15,5 см, відповідно (при $p \leq 0,001$). Досліджувані проби води з КМК були більш токсичними для паростків *D. carota* subsp. *sativus* ніж коренів. ФЕ ср. зразку № 1 дорівнював 51,3 %, № 2 – 42,8 %. Зразок води № 3 проявив стимулювальний ефект на ріст коренів *D. carota* subsp. *sativus* (при $p \leq 0,01$). Для тест-насіння *S. lycopersicum* найбільший ФЕ проявила вода зразка № 1 (81,5 %). Насіння *C. maxima* не проросло на досліджуваній воді № 1 (ФЕ – 100 %). Вода 2-го та 3-го варіанту проявила у 2,9 і 7,4 раза, відповідно, більший ФЕ на корені ніж на паростки *C. maxima*.

Висновки. Для оцінки якості поверхневих вод методом фітотестування рекомендовано використовувати культури *D. carota* subsp. *sativus*, *S. lycopersicum*, *C. maxima*, оскільки досліджувана вода проявила помітну олігодинамічну дію на довжину коренів та паростків цих тест-рослин.

АДАМЕНКО Я.О. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)
МОДЕЛЮВАННЯ ШЛЕЙФУ МУТНОСТІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ РОБІТ

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна; yarad1964@gmail.com*

Abstract. During the environmental impact assessment (EIA) procedures, the task will arise to calculate the impact on the aquatic environment, which may be associated with the preparation and cleaning of the water part of the construction site by means of mechanization. Numerical modeling of the specified influence was carried out. As an example, the calculations for the construction of a mini hydroelectric power plant on the Shopurka River in Zakarpattia are given.

Під час проведення будівельно-монтажних робіт основний негативний вплив на водне середовище може бути пов'язаний із підготовкою та розчисткою водної частини будівельного майданчику засобами механізації, що проявляється у тимчасовому локальному зниженні прозорості води та загальному погіршенні органолептичних характеристик води на ділянці проведення робіт.

У процесі розчистки утворюється зона підвищеної каламутності, в межах якої здійснюється обмін між суспензією і водним середовищем забруднюючих речовин, змінюється електропровідність та оптичні властивості води, погіршується дихання гідробіонтів та умови їх відтворення тощо. Досвід спостережень під час здійснення аналогічних робіт на інших об'єктах вказує на те, що такий тип впливу має короткочасну дію та триває декілька годин, поступово слабшаючи.

Згідно додатку 7 проекту «Методики оцінки збитків, які наносяться водним живим ресурсам внаслідок проведення господарської діяльності на рибогосподарських водних об'єктах порядок стягнення та використання компенсаційних коштів» відсоток втрат ґрунту при розробці, в залежності від його якості та механізмів, складає 1-3% розробленого ґрунту.

Для прикладу приведемо розрахунки ймовірного шлейфу мутності, якій може утворитися під час виконання будівельно-монтажних гідротехнічних робіт для будівництва міні ГЕС на річці Шопурка.

При виконанні гідромеханізованих робіт джерела виникнення підвищеної мутності знаходяться безпосередньо в зоні виконання робіт, але завдяки транзитним течіям провокується розповсюдження хмар мутності вниз за течією. Довжина шлейфу мутності, що виникає при розробці донних відкладів, розраховується за формулою:

$$L = 1,18 \times \frac{V}{W} \times H, \quad (1)$$

де: L – довжина шляху осадження частинок ґрунту; 1,18 – константа; V – середня швидкість течії (0,85 м/с); W – швидкість осадження зважених часток (0,00193 м/с); H – середня глибина (0,25 м).

За результатами розрахунку отримуємо, що довжина шляху осадження частинок ґрунту (L) буде дорівнювати 129,9 метрів. Відстань розповсюдження частинок ґрунту (L) в потоці води під час виконання робіт в руслі при відомих величинах гідравлічної крупності частинок ґрунту русла річки розраховується за формулою:

$$L = \frac{H \times V}{w}, \quad (2)$$

де: H – середня глибина русла, м; V – середня швидкість течії, м/с; w – гідравлічна крупність частинок ґрунту, м/с.

За даними досліджень, ґрунти, що складають русло на 60 % складені частинками 0,01-0,05 мм, що відповідає гранулометричному складу середнього суглинку, для якого середнє значення $w=0,0008$ м/с. При швидкості течії 0,85 м/с, середній глибині р.Шопурка – 0,25 м довжина розповсюдження мутності становить 265,6 м.

Таким чином, під час виконання будівельно-монтажних гідротехнічних робіт очікується, що шлейф мутності буде простягатися на довжину ~266 м по водній площі 6384 м² у об'ємі 798 м³ 24×266=6384 м³.

**MITRYASOVA O., SMYRNOV V., MATS A. (UKRAINE, MYKOLAIV)
ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY OF THE BUZKY
ESTUARY WITHIN THE MYKOLAIV CITY**

*Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine, Mykolaiv
54029, 68 Desantnykiv, 10, Mykolaiv, Ukraine; eco-terra@ukr.net*

Abstract. Проведено оцінку стану поверхневих вод у межах м. Миколаєва за умов воєнного часу упродовж 2022 року. Визначено EQI відповідно до Директиви 2000/60/ЕС, який становить <0,20, що відповідає стану «погано». Упродовж усього досліджуваного періоду спостерігається стійка тенденція до регресу якості поверхневих вод.

Qualitative indicators of water composition are among the determining factors in assessing the state of water resources, which is especially important during military conflicts that occur throughout the history of the evolution of human society. The water problem is also relevant for the city of Mykolaiv, a "city on the wave", which as a result of military operations during the Russian-Ukrainian war on April 12, 2022, was left without a centralized water supply system. Assessment of the quality of surface water is the basis for the integrated management of water resources, and is also the basis for establishing environmental standards for water bodies. The environmental assessment was carried out taking into the integral indicators covering hydrochemical data.

The purpose of the research: assessment of the surface waters state within the Mykolaiv city under wartime conditions during 2022.

Method is the methodology of environmental assessment for the relevant categories was developed by the Ukrainian Research Institute of Environmental Problems of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine on the basis of the legislation of Ukraine and the Water Code. Monitoring data were processed using software MS Excel.

In order to assess the state of the surface waters of the Buzky estuary, the available hydrophysical and hydrochemical data were systematized. The analysis was carried out according to the following parameters: pH; suspended substances; dissolved oxygen; BSK5; rigidity; chlorides; sulfates; phosphates; Cuprum; Zinc; petroleum products.

It was determined that the quality category of species by components of the salt composition during the pre-war period is 6.1, which is less than in 2022 (6.5); according to tropho-saprobiological indicators (environmental and sanitary) - the pre-war period is 4.3, which is less compared to 2022 (5.0); according to specific indicators - in prewar times it is less and is 4.7 compared to 2022, when this index was 5.0. All defined surface water quality classes correspond to the degree of pollution "dirty" or "very dirty" and the state "poor" or "very poor".

During the studied period, there is a steady trend toward a gradual increase in hardness, dry residue, sulfates, and chlorides in surface waters. The level of pH, BOD₅, and dissolved oxygen fluctuates within the normal range with minor deviations.

The water of this quality is absolutely not suitable for household use, as it has an active destructive power to damage the water supply system and all the mechanisms and devices that serve it.

The ecological quality index (EQI) was determined in accordance with the EU Water Framework Directive 2000/60/EC, which is <0.20, which corresponds to the state of surface water as "poor"; and throughout the researched period, there is a steady trend towards the regression of surface water quality.

It has been shown that the water in the Buzky estuary is absolutely unsuitable for household needs, let alone for drinking. All this requires environmental protection institutions and industrial organizations involved in the field of household water supply to take appropriate measures to improve the situation with the quality of surface water.

We would great thank the Erasmus+ Programme of the European Union for support the research work in the framework of the Jean Monnet project based on Petro Mohyla Black Sea National University.

УБЕРМАН В.І.¹, ВАСЬКОВЕЦЬ Л.А.² (УКРАЇНА, ХАРКІВ)
**ОСОБЛИВОСТІ УКРАЇНСЬКОГО ЕКОЛОГО-ПРАВОВОГО БАСЕЙНОВОГО
РЕГУЛЮВАННЯ СКИДАННЯ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН**

¹ *Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», 61166, вул. Бакуліна, 6, Харків, Україна; vlad.uberman@gmail.com*

² *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; ludmilavaskovets2@gmail.com*

Abstract. The problem of providing management plans for river basins in Ukraine with effective environmental and legal instruments to control the influence of pollutants from anthropogenic point sources on surface water bodies is investigated. Fundamental inconsistencies with the legislative requirements of the current mechanism for calculating and establishing the basin-wide maximum allowable discharges for pollutants were revealed.

На шляху гармонізації водного законодавства України із законодавством ЄС та переходу до інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом (ІУВРБП) у 2024 р. має завершитися розроблення головних стратегічних документів для досягнення доброго екологічного стану вод – планів управління річковими басейнами (ПУРБ). Вимоги до структури та змісту ПУРБ визначено в [1]. Для допомоги українським фахівцям у розумінні європейського досвіду підготовлено методичні «Рекомендації щодо встановлення екологічних цілей та розробки програми заходів ПУРБ», які стосуються важливих розділів ПУРБ. Через лексичні та термінологічні невідповідності перекладів оригіналам законодавчих актів ЄС українські документи мають істотні прогалини, зокрема, в частині управління точковими джерелами скидів забруднювальних речовин до поверхневих водних об'єктів. Найбільш важливі та складні проблеми виникають через принципову невідповідність європейського та українського правових інститутів екологічної безпеки водокористування – регулювання скидання забруднювальних речовин (РСЗР), зокрема, зі зворотною водою точкових джерел у поверхневі води. Українське РСЗР є видом спеціального водокористування. Розв'язання таких проблем вимагає істотних змін законодавства [2]. Але перед змінами у напрямку європейської гармонізації слід спочатку усунути екологічні недоліки чинного українського РСЗР та його невідповідності внутрішньому законодавству. Додаткові вимоги стосуються повоєнного відновлення діяльності зі спеціального водокористування.

В Україні найбільш досконалим методом лімітування скидання забруднювальних речовин (ЗР) є т. зв. «басейновий принцип» (БП) розрахунку нормативів ГДС забруднювальних речовин (БПРГДСЗР). У даній доповіді розглядаються термінологічні, базові екологічні та еколого-правові особливості БПРГДСЗР, виявляються принципові помилки й невідповідності законодавству, які свідчать про необхідність відмови від подальшого використання БП при здійсненні РСЗР. Термін БПРГДСЗР, який застосовується в Україні з 80-х років минулого століття до даного часу [3], містить поняттєві помилки, дезорієнтує водокористувачів та викривляє науковий зміст головних понять. Через деякий збіг слів БП може помилково сприйматися і розумітися як такий, що належить ІУВРБП. Але за загальним географічним визначенням терміну «річковий басейн» базою управління скиданням є територія. Отже, за функціональною ознакою БПРГДСЗР стосуються не БП, а каскадного режиму скидання ЗР до гідрографічної мережі з різних випусків (скидів) зворотної води, і для нього слід використовувати більш коректну назву: розрахунок нормативів ГДС для каскадного скиду (КС).

КС ЗР наразі ґрунтується на використанні асиміляційної спроможності (АС) масиву води задля еколого-економічних цілей зменшення шкідливості ЗР, що скидаються у воду, до рівня гранично допустимих концентрацій (ГДК) у воді для різних цілей водокористування. При цьому явище АС має розглядатися як спільна корисна властивість водного об'єкта в межах каскаду скидів ЗР, яка підлягає розподілу між суб'єктами господарювання – спеціального водокористування. В екологічному та водному законодавствах України і ЄС поняття АС відсутнє, а вимоги до користування нею не встановлені. З 1982 р. таке «споживацьке» ставлення до АС як до безоплатного екологічного ресурсу не сприймається світовою екологічною політикою взагалі й, зокрема, європейським водним законодавством. Проте використання АС залишається головним методологічним принципом українського РСЗР. Вимога щодо використання АС навіть підсилюється посиленням на вигадане право «суб'єкта водокористування на «отримання квоти» АС водоприймача для здійснення водовідведення» [3]. У базових законах України будь-яка згадка про зазначене право відсутня. Авторами доведено [4], що насправді АС має не каскадну, а локальну (точкову) належність, і тому не може бути поділеною

між водокористувачами КС. Також досліджується головне рівняння для розрахунку концентрації $C_{ГДС}$ при скиданні консервативної ЗР з повним використанням АС на одному щаблі КС (тобто з окремого випуску) у фізично допустимій області значень, як функції $C_{ф}/C_{ГДК}$ від n та $C_{ГДС}/C_{ГДК}$, де: $C_{ф}$ – фонові концентрації ЗР у приймальній воді вище випуску зворотної води; $C_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація ЗР у приймальній воді; $n > 1$ – кратність загального розбавлення зворотної води у контрольному створі. Дослідження свідчить про ефект переходу до іншого значення $C^{(-1)}_{ГДК} \leq C_{ГДК}$ на попередньому щаблі КС та кількісно його характеризує. Цей результат свідчить про об'єктивно спричинене порушення права всіх водокористувачів КС на використання єдиних для всієї території України нормативів ГДК ЗР, надане ним еколого-політичною вимогою у ч. 4 ст. 33 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», а також суперечить обов'язку водокористувачів «не допускати порушення прав, наданих іншим водокористувачам», встановленому в абз. 5 ст. 44 Водного кодексу України, та вимогам «здійснювати господарську діяльність без порушення прав інших власників та користувачів природних ресурсів», визначеним в абз. 5 ч. 1 ст. 153 Господарського кодексу України.

Управлінський зміст КС полягає у координації господарської діяльності певної групи водокористувачів при скиданні ними ЗР. Здійснення КС вимагає змін у Водному кодексу України для створення законодавчої можливості спільної діяльності водокористувачів з метою досягнення і сталого існування (підтримання) між ними відповідного еколого-економічного компромісу протягом визначеного часу. Загальні правові підстави та законодавчі інструменти для реалізації такої можливості визначено у главі 77 Цивільного кодексу України, де визначаються договірні стосунки між сторонами (учасниками) спільної діяльності.

Висновки. Визначено, що вимоги до найбільш дієвих інструментів РСЗР, якими є нормативи ГДС, містять екологічні помилки та не відповідають базовим законам. Наразі поняття АС та її ресурсна цінність цієї властивості законодавчо не визначені, господарське користування нею – не врегульовано, а право квотування АС не існує. Реалізація БП вимагає координації (та спільної) діяльності водокористувачів, яка не відповідає законодавчим вимогам до спеціального водокористування. БПРГДСЗР має наступні особливості: (1) є науково хибним з початку свого існування (1977 р.) через помилкове визначення сфери дії властивості АС водних об'єктів; (2) не відповідає екологічному законодавству (з 1992 р.) через порушення вимог до екологічних нормативів ГДК; (3) не відповідає українському водному законодавству (з 1995 р.) через відсутність у ВКУ режиму спільного спеціального водокористування в частині скидання ЗР. Усунення правових особливостей (2) – (3) потребує істотних законодавчих змін, а виправлення особливості (1) наразі видається неможливим.

[1] Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном : Постанова КМУ від 18 травня 2017 р. № 336. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/383915___678642 .

[2] Уберман В. І., Васьковець Л. А. Принципи українського правового регулювання скидання забруднювальних речовин та його адаптація до екологічного законодавства Європейського Союзу. Аmparo. 2022. Спецвипуск. Т. 2. С. 116–122. DOI <https://doi.org/10.26661/2786-5649-2022-спец-2-17> .

[3] Методичні рекомендації з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 173 від 05.03.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> .

[4] Уберман В. І., Васьковець Л. А. Правові напрями й особливості оновлення українського регулювання скидання забруднювальних речовин. Юридичний вісник, 2023/1 С. 106–117. DOI <https://doi.org/10.32782/yuv.v1.2023.14> .

БОЙКО Р.Я., МАЛЬОВАНІЙ М.С., КОРБУТ М.Б., ТИМЧУК І.С. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
**ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНОВМІСНИХ
(В ТОМУ ЧИСЛІ ХАРЧОВИХ) ВІДХОДІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ
УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД**

*Національний університет Львівська політехніка
79013, вул. С.Бандери, 12, Львів, Україна; myroslav.s.malovanyu@lpnu.ua*

Abstract. An analysis of possible strategies for organ waste disposal technologies is carried out. The conditions of application of each strategy, their advantages and problems accompanying the implementation of each strategy are determined. The article considers laboratory studies of utilisation of sewage sludge from Lviv sewage treatment plants by using it as a part of the raw material mixture for compost production.

Осади стічних вод (ОСВ) є багатотонажними органічними відходами, які у багатьох країнах (в тому числі і в Україні) ще не знайшли оптимальних технологій утилізації. На сьогоднішній день на території України накопичено вже понад 1 млрд. т осадів, до яких щороку додається ще близько 40–50 млн. м³ ОСВ вологістю 97 % або 1,2–1,5 млн. т осадів у перерахунку на суху речовину. Неконтрольований біорозклад органічної складової ОСВ створює значну екологічну небезпеку. До небезпечних органічними відходів відносяться також органічні промислові відходи, органічна частина твердих побутових відходів, харчові відходи. Всі ці види відходів у разі відсутності системи їх збору та утилізації внаслідок неконтрольованого біорозкладу також можуть створити значну екологічну небезпеку.

Потенційно існує 3 шляхи поводження із органічними відходами:

1. Спалювання. Проблема, яка супроводжує реалізацію такої стратегії - відходи із значним вологовмістом перед спалюванням повинні бути обезводнені до критичної вологості, яка дозволяє реалізувати процес спалювання.

2. Анаеробний біорозклад із отриманням біогазу. Проблема, яка супроводжує реалізацію такої стратегії – впровадження раціональної технології концентрування метану в біогазі для доведення його показників до вимог спалювання в комунальних та промислових агрегатах, а також впровадження раціональних технологій утилізації дигестату.

3. Компостування. Проблема, яка супроводжує реалізацію такої стратегії – ідентифікація технологій використання компосту типам компосту (в залежності від складу сировинної суміші), та можливим забрудненням важкими металами (у випадку використання в складі сировини осадів стічних вод, які містять ці забруднення).

В кінцевому у кожному конкретному варіанті для вибору оптимальної стратегії утилізації органічними відходів потрібно враховувати цілий ряд факторів: склад сировинної суміші, запаси окремих компонентів сировинної суміші, що є необхідною умовою забезпечення певної сталої продуктивності, аналіз та порівняння енергетичних, економічних балансів та балансу вуглецю для трьох різних варіантів утилізації органічними відходів, аналіз оптимальних шляхів вирішення проблем (які виділені вище), що супроводжують реалізацію певної стратегії утилізації для аналізованого конкретного випадку.

Нами досліджувався варіант утилізації ОСВ Львівських каналізаційних очисних споруд шляхом компостування. Оскільки була небезпека потрапляння в компост важких металів, які в значній кількості містились в ОСВ, розглядалось використання отриманого компосту в цілях рекультивациі. В склад сировинної суміші входили ОСВ, харчові відходи та деревна тріска. Дослідження процесу компостування проводили в лабораторних умовах в спеціально створеній термостатованій установці. Результати вказують на перспективність використання ОСВ в складі сировинної композиції. Спираючись на отримані результати, можна зробити висновок, що додавання деревної тріски та активного компосту стимулює засвоєння аміаку та нітрифікацію мікробів, покращує структуру, пористість компостуючої суміші та вільний повітряний простір, що впливає на вентиляцію та біотрансформацію поживних речовин. Отриманий таким шляхом компост можна використовувати для рекультивациі порушених техногенних земель сміттєзвалищ, відпрацьованих кар'єрів, териконів.

ГРЕЧАНИК Р.М., МАЛЬОВАНІЙ М.С., ЖУК В.М., ТИМЧУК І.С., СЛЮСАР В.Т.,
МАРАХОВСЬКА А.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
**КОМПЛЕКСНА БАГАТОВАРІАНТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТІВ
СМІТТЄЗВАЛИЩ**

Національний університет Львівська політехніка
79013, вул. С.Бандери, 12, Львів, Україна; myroslav.s.malovanyu@lpnu.ua

Abstract. Optimal multivariate schemes for the treatment of solid waste landfill leachates were investigated. As the first stage, the treatment under aerobic conditions in an aerated lagoon was proposed. As the second final stage of treatment, the options of reagent treatment using a modified Fenton reagent, treatment at municipal sewage treatment plants, at a reverse osmosis plant and at artificially constructed wetlands were considered.

В основу досліджень покладена концепція, яка базується на твердженні що для очищення такої складної системи як фільтрати полігонів твердих побутових відходів найбільш раціональним є використання не однієї технології очищення, а каскаду технологій (найбільш раціонально – двоступінчастої технології). На першому ступені проводиться очищення від забруднень доступним дешевим методом, ціллю є досягнення хоча б 50% очищення від основних забруднень. На другому етапі (або на наступних декількох етапах) проводиться фінальне доочищення. Така стратегія дає можливість досягти необхідної ступені очищення за мінімальних капітальних та енергетичних затрат, збереження обладнання на другому чи послідуючих ступенях очищення.

Як перша ступінь очищення нами запропоновано використання аерованої лагуни, де очищення реалізується інактивованим біоценозом в аеробних умовах. Мікробні спільноти, які присутні в висококонцентрованих за рядом забруднень фільтратах, досить добре адаптуються до руйнування складних органічних сполук в потоках широкого спектру типів фільтратів. У системах очищення фільтратів полігонів ТПВ з часом може активуватися аеробний біоценоз, очищення з допомогою якого має ряд переваг порівняно з анаеробними системами. До цих переваг належать: низька вартість будівництва очисних споруд, гнучкість у експлуатації, здатність швидко змінювати режими очищення, легкий запуск установки в роботу, простота технічного обслуговування та зручність автоматизації. Одним із технічно найпростіших методів аеробного очищення фільтратів на полігонах ТПВ є обладнання аерованих лагун, де аерація здійснюється за допомогою механічних, пневматичних чи струминних аераторів. Очищення відбувається за рахунок хімічного та біологічного окислення забруднень. Відомі приклади застосування методу аерованої лагуни для очищення фільтратів полігону Bryn Posteg (Уельс), полігону Bell House (Англія), у холодних кліматичних умовах Норвегії. Застосування методу на цих полігонах дозволило вирішити проблему забруднення фільтратами гідросфери в зоні впливу сміттєзвалищ. Нашими дослідженнями встановлено, що в умовах аерованої лагуни найбільш очікуваними результатами є очищення фільтратів полігонів твердих побутових відходів від амонійного азоту на (60 – 80)% і від ХСК – на (40 – 50)%. В подальшому фільтрати потребують фінального доочищення.

Нами розглядалися різні варіанти фінального доочищення фільтратів. Перспективним є реагентний спосіб доочищення. На першому етапі дослідження стадії реагентного очищення фільтрату проводився підбір реагенту, який забезпечив би максимальну ефективність відділення від фільтрату фази згущених забруднень. Для цього досліджувалися найбільш поширені у практиці очищення стоків реагенти: кристалогідрати сульфатів алюмінію та заліза, поліоксихлорид алюмінію та реактив Фентона. На другому етапі досліджувалися варіанти модифікування складу реактиву Фентона з ціллю досягнення максимального ступеня очищення та максимально можливого ефекту здешевлення композиції. Для цього досліджувалися ряд варіантів реалізації реагентного очищення, в результаті досліджень запропонований оптимальний розхід реагентів на очищення (кг/м³ фільтрату): FeSO₄·5H₂O – 3,2; Al₂(SO₄)₃·18H₂O - 1,9; H₂O₂ (60 %) - 1,6; поліакриламід – 0,1. Розглядалися також варіанти фінального доочищення фільтратів на міських каналізаційних очисних спорудах, на штучно побудованих водно – болотних угіддях та на установці зворотного осмосу.

САКАЛОВА Г.В., ФАБ'ЯНЧУК І.Г., ІВАНОВ І.А. (ВІННИЦЯ, УКРАЇНА)
**ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
21000, вул. Острозького, 32, Вінниця, Україна; sakalova@gmail.com*

Abstract. It is proposed to reuse a mixture of spent sorbents from activated carbon and kieselguhr for wastewater treatment of milk processing enterprises. The results of experimental studies of the dynamics of ion exchange adsorption of lactic acid and alanine by mixed sorbent and spent sorbent under periodic conditions are given. According to the results of the study, the difference in cleaning efficiency for the two options is insignificant and amounts to about 3%, which is within the experimental error. It is shown that the sorption of polluting components of wastewater from milk processing enterprises with cheap sorbents, which include regenerated sorbents, is one of the most promising due to their high efficiency, low cost of treatment and the possibility of further use of spent sorbents. in agriculture.

Харчова промисловість – одна з найбільших водоспоживачів. Приготування харчових продуктів і напоїв нерозривно пов'язане із залученням чистої води. Якість води, яка застосовується в харчовій промисловості, підлягає ретельному контролю. Актуальні для харчової промисловості технології водопідготовки: відстоювання, коагуляція, флокуляція, флотаційна і біохімічна очистка, знезараження, електродіаліз. Водопідготовка в харчовому виробництві може передбачати кілька стадій. Адсорбцію часто використовують для водопідготовки, зокрема, пом'якшення води. Так у виробництві безалкогольних напоїв для підготовки води використовують фільтри з активованим вугіллям, які можуть зменшити вміст органічних сполук і неорганічних солей у питній воді. У виробництві пива для пом'якшення води використовують її адсорбцію на цеолітах.

Багато харчових добавок синтетичного походження спричиняють небажане забарвлення, або мутність продукту. Не завжди технологічна схема виробництва дозволяє застосувати кип'ятіння для усунення цього недоліку, адже дуже часто тоді втрачаємо цінність харчового продукту. У цьому випадку найчастіше застосовують адсорбцію на активованому вугіллі. Сорбційні процеси широко використовують в харчовій промисловості. Сорбційні матеріали, що використовують у виробництві продуктів харчування мають найвищі параметри якості, вміст домішок у них мінімальний, а тому і вартість таких матеріалів вища, у порівнянні з адсорбентами, що використовують в інших галузях.

В даний час для очищення стічних вод широко пропонують адсорбційні методи за допомогою природних та синтетичних сорбентів, що дає можливість їх регенерації та повторного використання. Наявність в нашому регіоні природних пористих матеріалів, які мають фільтрувальні властивості та здатні адсорбувати поверхнею пор завислі і розчинені у воді компоненти, створює можливість їх ефективного використання для очищення стічних вод молокопереробних підприємств, що підтверджує актуальність окремих досліджень. При цьому використання активованого вугілля вважається найбільш ефективним для видалення органічних речовин із стічних вод, однак через високу вартість такого адсорбенту, його використання для очищення стоків обмежене.

Значна кількість сорбентів, що застосовуються у харчовій промисловості, повторно не використовуються, що пов'язано із складністю їх регенерації та суттєвими матеріальними затратами. Також повторне використання відпрацьованих сорбентів передбачає їх біологічне очищення, що зумовлене специфікою адсорбованих речовин.

Мета роботи полягає у дослідженні можливості повторного використання відпрацьованої суміші сорбентів для очищення стічних вод молокопереробних підприємств.

Регенерацію відпрацьованого сумішевого сорбенту, що складався із активованого вугілля (БАУ-А) і кізельгуру (К) марки Бекогур 200 в масовому співвідношенні 1 : 3, здійснювали наступним чином:

- На першій стадії регенерацію сумішевого сорбенту проводили в гідродинамічному режимі при масовому співвідношенні (сорбент) : $H_2O = 1 : 4$, температурі процесу 50–60°C протягом 45–60 хв.
- Сумішевий сорбент постадійно кип'ятили в 1 % розчині NaOH протягом 45–60 хв і 4 % розчині HCl протягом 45–60 хв з наступним фільтруванням, промиванням дистильованою водою до $pH = 7$ та висушуванням.

Ефективність регенерації визначали за здатністю відпрацьованого сорбенту поглинати основні політанти стічних вод молокопереробних підприємств: молочну кислоту (α -оксіпропіонова кислота) і молочні білки (переважно водорозчинні, альбуміни). Для дослідження використали модельні розчини, що містять молочну кислоту, концентрацією 0,002 мг/дм³, і аланін (модельовання вмісту

водорозчинних білків) концентрацією аналогічної. Досліджено процес сорбції оксіпропіонової кислоти і аланіну регенованим сумішевим сорбентом (варіант 2), сумішевим сорбентом, що складався із активованого вугілля (БАУ-А) і кізельгуру (К) марки Бекогур 200 (варіант 1). Дослідження процесу сорбції α -оксіпропіонової кислоти і аланіну сумішевим сорбентом в динамічних умовах проводились в апараті колонного типу. Визначення вмісту молочної кислоти проводили методом потенціометричного титрування, а вміст амінокислоти визначали фотоколориметричним методом, що базується на здатності пептидних зв'язків ($-\text{CO}-\text{NH}-$), карбоксильних та аміногруп утворювати з сульфатом міді в лужному середовищі забарвлені комплексні сполуки. Розчини амінокислот і білків дають синьо-фіолетове забарвлення.

Криві сорбції молочної кислоти сумішевим сорбентом показано на рис. 1 і 2. З приведених даних видно, що умовах даного гідродинамічного режиму процесу адсорбції α -оксіпропіонової кислоти на обраному сорбенті має місце змішано-дифузійний механізм адсорбції. Вихід на плато спостерігаємо в часовому просторі 100-150с. При цьому ефективність відпрацьованого і регенованого сорбенту практично не відрізняється від свіжої суміші активованого вугілля кізельгуру.

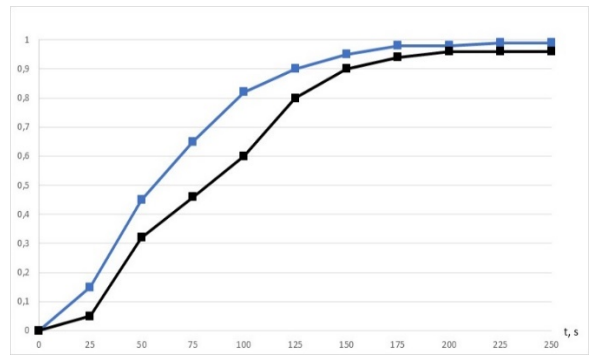
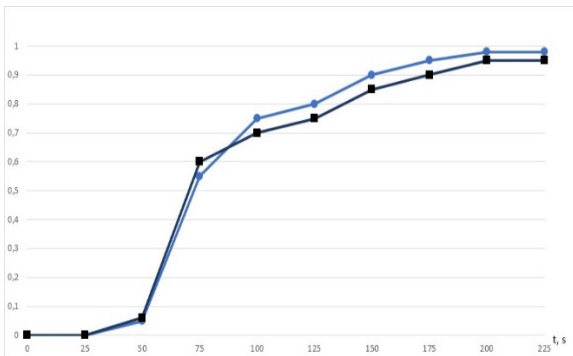


Рис. 1. Криві сорбції α -оксіпропіонової кислоти в залежності від сорбенту:

- – свіжа суміш активованого вугілля і кізельгуру (варіант 1)
- – відпрацьована і регенована суміш активованого вугілля і кізельгуру (варіант 2)

Рис. 2. Криві сорбції аланіну в залежності від сорбенту:

- – свіжа суміш активованого вугілля і кізельгуру (варіант 1)
- – відпрацьована і регенована суміш активованого вугілля і кізельгуру (варіант 2)

Як свідчать результати дослідження, за варіантом 1 максимальна ступінь очищення дещо вища, становить 98%, однак різниця в ефективності очищення за двома варіантами незначна, становить близько 3%, що є в межах похибки експерименту. Максимальну ступінь очищення за двома варіантами досягають в одному часовому інтервалі - за 200с. Експериментальні дані щодо кінетики адсорбції аланіну наведено на рис. 3. Вихід на плато при $\tau > 15$ хв сорбції вказує на перехід адсорбційного процесу у внутрішньо дифузійну область та у стан рівноваги. При цьому спостерігаємо дещо вищу ефективність сорбції при використанні свіжої суміші активованого вугілля і кізельгуру, однак різниця в ефективності очищення за двома варіантами незначна (99% за варіантом 1 і 96% за варіантом 2), становить 3%, що є в межах похибки експерименту. Максимальна ступінь очищення досягається в однакових часових інтервалах за двома варіантами, вона наступає через 175с.

Таким чином, можемо стверджувати, що хімічна регенерація відпрацьованої суміші сорбентів, що містить кізельгур і активоване вугілля дозволяє використовувати відпрацьовані матеріали на стадії очищення стічних вод виробництв по переробці молочної продукції і забезпечує необхідну видалення поллютантів органічного походження.

ПРОСКУРНІН О.А.¹, ВАСИЛЕНКО С.Л.² (УКРАЇНА, ХАРКІВ),

ДЕМ'ЯНОВА О.О.³ (УКРАЇНА, ХЕРСОН)

НЕДОЛІКИ СПРОЩЕНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КРАТНОСТІ ОСНОВНОГО РОЗБАВЛЕННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД У ВОДОЙМИЩІ

¹ НДУ «Український НДІ екологічних проблем»

61165, вул.Бакуліна,6, м.Харків, Україна; proskurnin_o@ukr.net

² КП «Харківводоканал»

61000, вул. Велика Гончарівська, 28, м. Харків, Україна; office@vodokanal.kharkov.ua

³ Фізична особа-підприємець; olga.demvdem55@gmail.com

73013, вул. Кримська, 55а, м. Херсон, Україна

Abstract. The problem associated with calculating the main dilution factor of wastewater when discharged into a reservoir, which occurs as a result of the diffusion process, is considered. To solve the problems of determining the limited wastewater discharge, simplified methods for calculating dilution for concentrated and dispersive discharges have been developed. Both methods lead to a direct dependence of the calculated dilution factor on the water flow velocity. In addition, in the case of a dissipative discharge, the method uses an incorrect model for the formation of water quality in a water body. It is concluded that it is necessary to refine both methods.

З метою збереження водних ресурсів здійснюється нормування скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти (ВО) зі зворотними водами (ЗВ) комунальних, промислових та сільськогосподарських підприємств. Одним з головних факторів, що впливає на рівень екологічної безпеки водокористування, є кратність розбавлення ЗВ в контрольній точці (КТ) на заданій відстані від випуску. Кратність розбавлення обумовлена конструктивними характеристиками випуску ЗВ і гідрологічними умовами району розташування випуску. Розглядаються дві фази: початкове, яке відбувається під дією сил інерції ЗВ, та основне, яке відбувається внаслідок процесів дифузії.

Процес дифузії описується рівнянням турбулентної дифузії:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = D_y \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}, \quad (1)$$

де C – концентрація речовини; x – координата вздовж потоку; y, z – відповідно вертикальна та поперечна координати; u – швидкість потоку води; D_y, D_z – коефіцієнти відповідно вертикальної та горизонтальної турбулентної дифузії.

Аналітичне та чисельне розв'язання рівняння (1) в задачах нормування скидання ЗВ може викликати труднощі. Тому були розроблені спрощені методи розрахунку кратності основного розбавлення як для зосередженого, так і для розсіювального випуску ЗВ. Проте їх використання містить невирішені проблеми, які потребують додаткових досліджень.

У випадку зосередженого випуску проблема стосується залежності кратності основного розбавлення n_o від швидкості течії води u . Метод розрахунку n_o достатньо простий і полягає в послідовному розрахунку декілька величин. В загальному вигляді кратність основного розбавлення можливо представити як функцію

$$n_o = n_o(q, n_n, u, H, l_{KT}, l_0, s), \quad (2)$$

де q – витрата ЗВ; n_n – кратність початкового розбавлення ЗВ; H – глибина ВО в місці випуску; l_{KT} – відстань від випуску до КТ; l_0 – відстань від випуску до берега; s – коефіцієнт шорсткості русла.

Однак виявлено наступну закономірність (спочатку експериментально, потім підтверджено більш детальними дослідженнями):

$$\frac{\partial n_o}{\partial u} > 0 \quad (3)$$

Тобто зі збільшенням швидкості потоку води кратність розбавлення також збільшується. Однак пряма залежність кратності розбавлення від швидкості води суперечить характеру фізичного процесу, що розглядається. Це видно з чисельного рівняння турбулентної дифузії (2). З метою спрощення розглянемо варіант «плоскій» задачі, коли передбачається рівномірність концентрацій по глибині (тобто уздовж осі y). Тоді в кінцево-різницевої формі рівняння (2) набуде вигляду:

$$\frac{\Delta C}{\Delta x} = \frac{D}{u} \cdot \frac{\Delta^2 C}{\Delta z^2}, \quad (4)$$

де $D = D_z = D_y$.

Якщо співвідношення кроків чисельного інтегрування дорівнює

$$\Delta x = \frac{u \cdot \Delta z^2}{2 \cdot D}, \quad (5)$$

то концентрація домішки в кожній наступній вздовж течії клітині інтегрування $\Delta x \times \Delta z$ визначатиметься як середньоарифметичне сусідніх клітин у попередньому ряду:

$$C_{k+1,j} = 0,5 \cdot (C_{k,j-1} + C_{k,j+1}), \quad (6)$$

де k, j – індекси кліток інтегрування відповідно впродовж та впоперек течії (тобто по осі x та осі z).

З (5) видно, що чим вище швидкість u , тим більше крок інтегрування Δx і тим змішання за формулою (6) відбудеться на більшому видаленні від випуску. Тобто за заданої відстані від випуску ЗВ до КТ кратність розбавлення буде меншою.

Розсіювальний випуск

У випадку розсіювального випуску проблема пов'язана з тим, що метод заснований на «принципі суперпозиції» стосовно розрахунку концентрації в контрольній точці:

$$C_{KT} = \sum_i^m C'_i, \quad (7)$$

де C'_i – внесок у концентрацію в КТ домішок від i -го випускного отвору (тобто з урахуванням розбавлення); i – індекс джерела забруднення (у даному випадку – випускного отвору).

Але такий підхід (і навіть сам термін в даному випадку) є некоректним, оскільки принцип суперпозиції застосовний до векторних, а не скалярних полів, коли субстанції, що складаються, не мають геометричного розміру. (Наприклад, складення електромагнітних коливань.) Для матеріальних речовин формула (8) імітує «вдавлювання» однієї речовини в іншу, що реально не відбувається у воді. В результаті розрахована цим методом концентрація речовини в КТ може перевищувати концентрацію речовини у ЗВ. А це, відповідно до (1), означає кратність розбавлення, меншу за 1, що фізично неможливо. Наприклад, при параметрах $q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 2 \text{ м}$, $l_{KT} = 250 \text{ м}$, координатах випускних отворів (0,0), (0,10), (0,20), координаті КТ (250, 10), розрахункова кратність основного розбавлення дорівнює $n_o = 0,64$.

Таким чином, метод розрахунку n_o для розсіювального випуску вимагає уточнення як мінімум у частині вибору більш адекватної моделі формування якості води у водному об'єкті. Як варіант, можливо використати удосконалену формулу:

$$C_{KT} = \frac{C_\phi + \sum_i^m \frac{C_{ЗВ,i}}{n_i - 1}}{1 + \sum_i^m \frac{1}{n_i - 1}}. \quad (9)$$

Якщо при розрахунку використовувати (9), результат буде достовірним: $n_o = 1,33$.

Висновки:

1. Існує необхідність проведення дослідницької роботи по уточненню спрощених методів розрахунку кратності основного розбавлення зворотних вод в водоймищі.

2. В задачах прогнозування якості води водоймищ, які потребують підвищених рівнів точності, доцільно використовувати чисельне розв'язання рівняння турбулентної дифузії замість спрощених методів розрахунку кратності основного розбавлення.

DYACHOK V., HUHLYCH S. (UKRAINE, LVIV)
THE ADVISABILITY OF USING MICROALGAE BIOMASS AS BIOFUEL
*National University "Lviv Polytechnic",
79013, st. Stepan Bandera, 12, Lviv, Ukraine; vasyk.v.dyachok@lpnu.ua*

Abstract. The continuous increase in carbon dioxide (CO₂) emissions is a common danger that urgently requires joint action between politicians and scientists. International treaties such as the Paris Agreement (signed by 196 countries) and the UN Climate Change Conference (or Conference of the Parties, COP 26) in Glasgow in 2021 reflect the importance of anthropogenic climate change as a truly global public concern. For climate recovery, the most widely used CO₂ reduction strategies include carbon capture and storage (CCS); carbon capture, use and storage (CCUS); carbon capture and utilization (CCU).

Of these methods, CCU shows the greatest potential by processing the captured CO₂ and using it as a resource to produce value-neutral or negative value-added products (VAP) and alternative fuels. Within the CCU methodology, biologically mediated CCU (bio-CCU) by microalgae is a promising biotechnology for the drastic reduction of CO₂ emissions.

In order to achieve zero emissions by 2050, the year declared earlier, the obligations of international forums require significant research on effective capture, as well as the development of methods of storage and utilization of algae biomass obtained during the purification of industrial gas emissions as a potential alternative source of energy.

In the works of the authors, describe the mechanisms of obtaining biomass of microalgae by absorbing greenhouse gases with the involvement of photosynthesis and incorporating them into valuable biomolecules. Microalgal cells use CO₂ as precursors to macromolecules, including lipids, proteins, carbohydrates, and pigments. The biofixation potential of microalgae is clearly demonstrated by the carbon content of the many VAPs they produce.

This is reasonable given that unicellular microalgae are the smallest form of plants that reproduce at a higher rate compared to land plants. In addition, microalgae can tolerate extreme environmental conditions with high reproductive rates, fix CO₂ into carbohydrates and lipids, and grow in wastewater, thus cleaning up pollutants. CO₂ plays a vital role in the growth of microalgae because the biomass produced in microalgae cells in the form of lipids and proteins can be further converted into valuable fuels, chemicals, biologically active compounds, nutraceuticals, pharmaceuticals and cosmeceuticals. Biological transformation of CO₂ with the help of microalgae is an original way to capture and fix carbon. This mechanism involves the absorption of CO₂ microalgae by photosynthesis.

The use of microalgae to absorb greenhouse gases is considered environmentally friendly production. Cultivation of microalgae can be carried out in open ponds and photobioreactors for the potential production of biofuels, carbon sequestration and purification and nutraceuticals, wastewater. Microalgae contain significant levels of lipids or triglycerides that can be converted into biodiesel fuel through a transesterification process. Biofuel is considered carbon-neutral because the CO₂ released after its combustion is used by plants and algae for photosynthesis, which leads to CO₂ fixation.

The results of previous own research and analysis of the literature of the sources prove that the thermal effect of burning the biomass of chlorophyll-synthesizing microalgae *Chlorella vulgaris* is close to, and in some cases, even greater than the thermal effect of burning wood.

However, fuel combustion products are always contained other oxides, in particular sulfur dioxide (SO₂). Sulfur dioxide and CO₂ molecules are similar in structure, so it should be assumed that at the stage of transportation of CO₂ into the internal volume of microalgae cells, SO₂ also enters the microalgae cell by the same mechanism. Having entered the internal volume of the microalgae cell, SO₂ molecules block the process of photosynthesis and remain in the internal volume of the cell in the form of chemical compounds of metabolic products and form biomass. Volumes of such microalgae biomass, as mentioned earlier, are extremely large.

This is precisely what determines the need to create and agree global measures in the direction of implementing the principles of sustainable development. This state of affairs prompts the search for methods of using the biomass of chlorophyll-synthesizing microalgae as a potential source of alternative fuel. Therefore, this issue requires a more detailed study on the possible use of the biomass of microalgae *Chlorella vulgaris*, obtained during the purification of industrial gas emissions, as an alternative source of energy.

**CHERNYSH Y.^{1,2,3}, STEJKALOVA L.¹, SOLDAN P.¹, LAI F.Y.⁴,
KHAN U.A.⁴, STALSBY LUNDBORG C.⁵, BALDACCI C.⁶, GIAMBERINI L.⁶,
MINGUEZ L.⁶, BLANCO A.⁷ (CZECH REPUBLIC, PRAGUE; UKRAINE, SUMY;
SWEDEN, UPPSALA, STOCKHOLM; SPAIN, MADRID)**

**ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT: OVERVIEW OF APPROACHES AND
TRENDS FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT**

¹*T. G. Masaryk Water Research Institute, Podbabská 2582/30, 16000, Prague, Czech Republic;
yelizaveta.chernysh@vuv.cz*

²*Sumy State University, Rymskogo-Korsakova 2, 40007, Sumy, Ukraine*

³*Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 16500, Prague, Czech Republic*

⁴*Department of Aquatic Sciences and Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences
(SLU), SE-75007 Uppsala, Sweden*

⁵*Department of Global Public Health, Karolinska Institutet, Tomtebodavägen 18 A, 171 77
Stockholm, Sweden*

⁶*Université de Lorraine, CNRS, LIEC, F-57000 Metz, France*

⁷*Department of Chemical Engineering and Materials. F. Química. Madrid 28040. Universidad
Complutense de Madrid, Spain*

Abstract. Studying the environmental risks of water pollution is a critical aspect of environmental science and management. To address these risks, researchers and policymakers utilize various directions to assess and mitigate potential harm to ecosystems and human health. Traditional focus and recent attempts to improve them are highlighted in this study. The conceptual approach and the main stages of risk assessment is presented, considering previous studies. Furthermore, different ways to integrate other factors such as climate into the overall risk assessment framework have been identified as the base for further research in this area.

Risk assessment is one of the main mechanisms for making management decisions in most countries worldwide, from the local level (e.g., individual production facilities or other potential sources of environmental pollution) to regional and national levels (Barati et al., 2023). The approach provides a basis for comparing, classifying, and prioritizing risks and enables the identification of environmental impacts resulting from stresses (e.g., impact on the hydrobiota, etc.) in a river basin.

The scope of this review is focused on the characterizations of multi-risk effects from different pollutant categories on the hydrosphere (surface water, groundwater, oceanic) in the overall biogeochemical cycle of the ecosystem. The final aim of the study is to provide a systematization in the field of environmental risk assessment research on water resources to assess multi-risk on ecosystem components and human health.

The topic is of increasing importance as reflected by the exponential increase in the number of publications over the past 20 years, with a total of 15354 publications in Scopus database and 9965 publications in WoS database (May 2023). From the studies reviewed (Hakanson, 1980; Orr et al., 2009; Rybalova & Artemiev, 2017; Chandellier and Malacain, 2021; Ullah Bhat and Qayoom, 2022; Anthonj et al., 2022; Ullah et al., 2022; Barati et al., 2023), two main types of environmental risks are considered:

- risk of disrupting the stability of ecosystems due to actual and potential environmental pollution;
- risk to public health, which is the probability of adverse health effects.

There is also the probability of occurring an undesirable event that will cause damage to the ecosystem. As seen from our analysis, considerable attention is paid to issues related to determining the risk of water pollution. It is noted that in developed countries, the drivers of water risk assessment is shifting towards considering new types of emerging substances to identify contaminants of emerging concern (CEC). This is also noticed in EU policy. For example the Urban Wastewater Treatment Directive (UWWTD) from 1991, which aim is the protection of the environment from the adverse effects of urban wastewater discharges has been mainly focused on inorganic pollutants (e.g., nutrients). However, its revision considers the need of a further treatment of the water with new limit values for micro-pollutants and for the removal of CEC. The goal is that for 2040 all facilities at risk areas should be equipped with advanced treatments in a new quaternary treatment.

The conceptual framework of the main stages of risk assessment was defined, taking into account the existing basis of previous studies (Fig. 1).

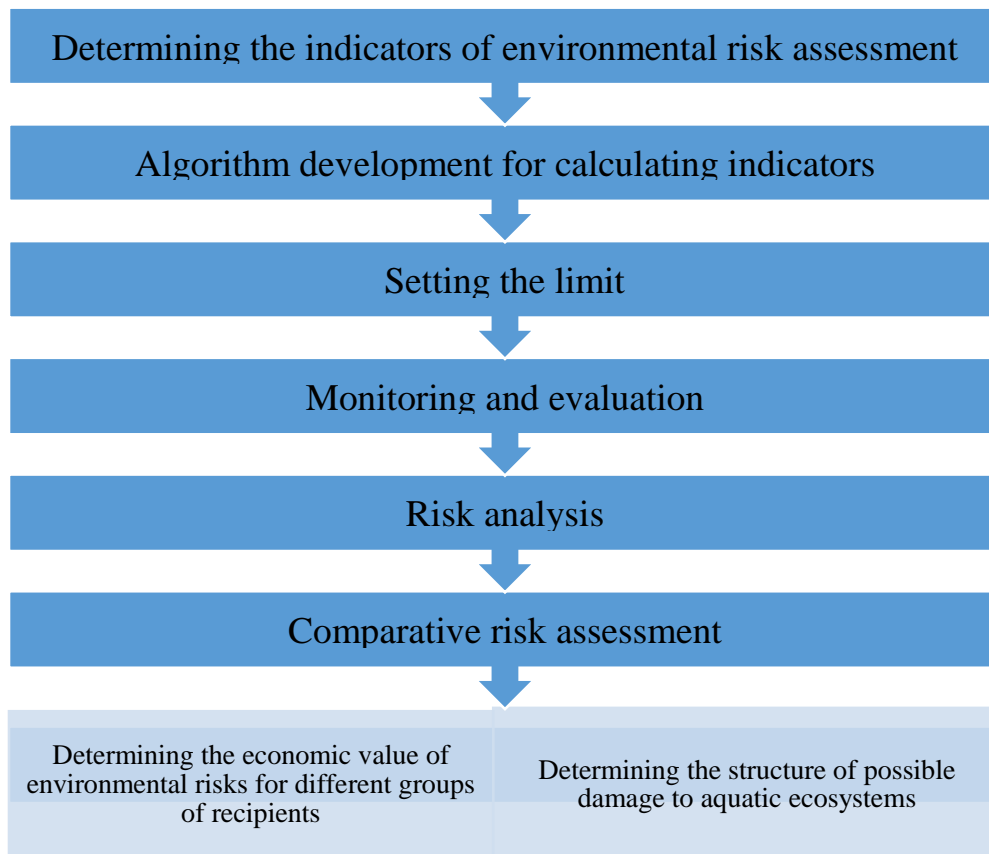


Fig. 1. Step-by-step assessment of the ecological risk of pollution of aquatic resources.

Some ways to integrate other factors (e.g. climate) are:

- 1) using climate scenarios to predict future changes in climate variables, including their influence on the fate and effects of contaminants in aquatic environments during risk assessment;
- 2) using modelling to predict the effects of climate change on the concentration, distribution, and bioavailability of different contaminants;
- 3) research to study other stressors that affect the susceptibility of aquatic organisms to the contaminants.

The combination of regulatory and management measures on the use/emission of new pollutants into the environment as well as on their occurrence in the environment should be fundamental to achieve effective water resources management.

Acknowledgments

This research was supported by the Thematic Annual Programming Action *RedCoPollutants* - Measuring of Inputs and Taking Actions to Reduce CECs, Pathogens and Antimicrobial Resistant Bacteria in the Aquatic Ecosystems (inland and marine), the ERA-NET Cofund *AquaticPollutants*.

**ЧЕРНІУК В.В.¹, БІГУН І.В.², ФАСУЛЯК В.Є.¹, КУЛИК М.П.³ (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
УРАХУВАННЯ ЗМІННОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ У ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОМУ
РІВНЯННІ ДЛЯ НАПІРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ-ЗБИРАЧІВ**

¹Національний університет “Львівська політехніка”

79013, вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, Україна; v.cherniuk@ukr.net;

²Львівське міське комунальне підприємство “Львівводоканал”, м. Львів, вул. Зелена, буд. 64;

³ТОВ “СВРОЕККОСКОП”, м. Львів, вул. Антоновича, буд. 134

Abstract. Collector-pipelines are widely used in systems of water supply and water removal. When solving the differential equation which describes fluid flow in such pipelines the neglecting of the hydraulic friction factor leads to considerable errors in collector-pipeline designing. We have obtained mathematical expressions in differential form for Darcy friction factor and for head losses for friction for the chase of laminal flow and for three segments of flow in pressure pipelines.

Напірні трубопроводи-збирачі (ТЗ) поширені у системах водопостачання, водовідведення, гідромеліорації (осушення), вентиляції (витяжні системи), енергетиці й ін. Точно розрахувати ТЗ можна за допомогою диференціального рівняння напірного руху рідини зі змінною шляховою витратою. Його отримав проф. Я. Т. Ненько у 1937 р. [1, с. 3-4]. Для циліндричних ТЗ воно таке:

$$\frac{\alpha_o(2V - v \cos \beta)dV}{g} + d\left(\frac{p}{\rho g}\right) + \sin \psi \cdot dx + dh_x = 0 \quad (1)$$

де V – середня швидкість потоку усередині ТЗ; v – швидкість струменя, котрий приєднується до потоку в ТЗ; p – тиск рідини усередині ТЗ; $\sin \psi \cdot dx$ – геометричний перепад поздовжньої осі ТЗ на ділянці довжиною dx ; ψ – кут нахилу осі ТЗ до обрію; dh_x – втрати напору на тертя по довжині ТЗ; β – кут між векторами швидкостей \vec{V} та \vec{v} .

Адекватного розв’язку рівняння (1) не запропоновано. З метою спрощення розв’язування рівняння (1) коефіцієнт тертя $\lambda_{(x)}$ беруть постійним по довжині ТЗ, що не відповідає дійсності.

Нами отримано диференціали втрат напору dh_x для ламінарного руху та трьох ділянок опору турбулентного режиму течії рідини, котрі, у довгих напірних ТЗ, розташовані послідовно. Отож,

$$dh_{(x)} = d\left(\lambda_{(x)} \frac{x V_{(x)}^2}{D 2g}\right) = \frac{1}{2g\Omega^2 D} d\left[\lambda_{(x)} \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx\right)^2 x\right],$$

де: $Z_{(x)}$ - напір, під дією котрого струмені рідини впливають у ТЗ; $b = n\mu\omega\sqrt{2g}$; n – кількість вхідних отворів на одиниці довжини ТЗ;

$V_{(x)} = Q_{(x)}/\Omega = \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx\right)/\Omega$; D і Ω - внутрішній діаметр і площа поперечного перерізу ТЗ.

Для ламінарної течії рідини (крива a на рис. 1), $Re_{(x)} \leq 2320$), коефіцієнт Дарсі обчислюється за формулою Пуазейля $\lambda_{(x)} = 64/Re_{(x)}$, а диференціал втрат напору за отриманим нами виразом:

$$dh_{(x)} = \frac{32 \cdot v}{g\Omega \cdot D^2} \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx + bZ_{(x)}^{1/2} x\right) dx. \quad (2)$$

Для ділянки опору гідравлічно гладких труб турбулентного режиму течії рідини, (крива b на рис. 1, коли $Re_{(x)} \Delta_{eq(x)}/D_{(x)} < 10$), коефіцієнт Дарсі $\lambda_{(x)}$ обчислюється за формулою Блазіуса

$\lambda_{(x)} = 0.3164/Re_{(x)}^{0.25}$, а диференціал втрат напору за виразом, отриманим нами:

$$dh_{(x)} = \frac{0.1582v^{0.25}}{g\Omega^{1.75} D^{1.25}} \left[\left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx\right)^{1.75} + 1.75 \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx\right)^{0.75} Z_{(x)}^{1/2} x \right] dx. \quad (3)$$

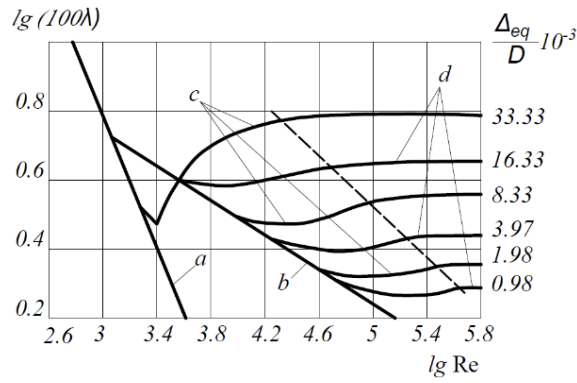


Рис. 1. Залежність $\lambda_{(x)} = f(\bar{\Delta}; \text{Re}_{(x)})$: *a* – зона ламінарного режиму течії; *b, c, d* – зона турбулентного режиму течії (ділянки: *b* – гідравлічно гладких труб, *c* – перехідна, *d* – гідравлічно шорстких труб)

Для перехідної ділянки турбулентного режиму течії рідини (сімейство кривих *c* на рис. 1, $10 < \text{Re}_{(x)} \Delta_{eq(x)} / D_{(x)} < 500$), коефіцієнт Дарсі обчислюють за формулою А. Д. Альтшуля $\lambda_{(x)} = 0.11 \left[\left(\frac{\Delta_{eq}}{D} \right) + \left(\frac{68}{\text{Re}_{(x)}} \right) \right]^{0.25}$. Відповідно диференціал втрат напору $dh_{(x)}$ має такий вигляд:

$$dh_{(x)} = \frac{0.11}{2g\omega^2 D} \left[\frac{\Delta_{eq}}{D} + \frac{68\Omega\nu}{\left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right) D} \right]^{0.25} \left\{ \frac{0.25 \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right)^2 x}{\left[\frac{\Delta_{eq}}{D} + \frac{68\Omega\nu}{\left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right) D} \right]} + \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right)^2 dx + 2x \cdot \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right) \cdot b Z_{(x)}^{1/2} dx \right\}. \quad (4)$$

Для ділянки гідравлічно шорстких труб зони турбулентного режиму течії (сімейство кривих *d* на рис. 1, $\text{Re}_{(x)} \Delta_{eq(x)} / D_{(x)} \geq 500$), коефіцієнт Дарсі обчислюють за формулою Б. Л. Шифрінсона $\lambda_{(x)} = 0.11 \left(\frac{\Delta_{eq(x)}}{D_{(x)}} \right)^{0.25}$. За незмінних значень шорсткості Δ_{eq} та діаметра D на розрахунковій ділянці ТЗ коефіцієнт $\lambda_{(x)}$ є постійним, а його диференціал рівний нулю: $d\lambda_{(x)} = 0$. Тоді диференціал втрат напору для цієї ділянки гідравлічного опору труб є таким:

$$dh_{(x)} = \frac{0.11}{2g\Omega^2 D} \left(\frac{\Delta_{eq}}{D} \right)^{0.25} \left[\left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right)^2 dx + 2x \cdot \left(Q_{tr} + b \int_0^x Z_{(x)}^{1/2} dx \right) \cdot b Z_{(x)}^{1/2} dx \right]. \quad (5)$$

Відтак, замість формули (5) може використовуватись вираз (4)

Висновок. Диференціал втрат напору на тертя dh_x по довжині трубопроводу-збирача ми виразили через двоє змінних: повний робочий напір $Z_{(x)}$ потоку рідини в ТЗ та незалежну змінну відстань dx . При розв'язуванні диференціального рівняння (1) напірного руху рідини зі шляховим приєднанням маси у нього необхідно підставляти отримані вирази (2)-(5).

ВАСИЛІНИЧ Т.М., ГЛИГА А.Д., ДЕРЕБЧИНСЬКА М.С. (УКРАЇНА, ВІННИЦЯ)
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ
НА СТОКАХ МОЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
21000, вул. Острозького, 32, Вінниця, Україна; sakalovag@gmail.com*

Abstract. This paper presents the results of research on the selection of optimal brands of coagulants for wastewater treatment in the dairy industry and the determination of the specific consumption of reagents. The following coagulants were used for the studies: aluminum sulfate $Al_2(SO_4)_3$, aluminum nitrate $Al(NO_3)_3$ and sodium hypochlorite ($NaOCl$). According to research, the most effective coagulants for wastewater treatment in the dairy industry can be considered aluminum nitrate and sodium hypochlorite.

У сучасному світі проблема забруднення навколишнього середовища стічними водами виробництв становить доволі масштабний характер. Стічні води підприємств харчової промисловості належать до категорії висококонцентрованих і мають нестабільні за якістю і кількістю показники. Виробництво молока, як і іншої молочної сировини на підприємствах молочної промисловості істотно впливає на стан навколишнього середовища: забруднює атмосферне повітря промисловими викидами, забруднює басейни річок та озер стічними водами, дає велику кількість промислових відходів. Стоки на молочних заводах утворюються в основному в результаті миття обладнання, збирання виробничих цехів та приміщень. У них потрапляють відходи виробництва, залишки (втрати) молочних продуктів і молока, реагенти, що використовуються в процесі миття обладнання, різні домішки, що змиваються з поверхонь транспорту, підлог та ін.

Стічні води підприємств молочної промисловості у разі скидання їх у водойми без попереднього очищення негативно впливають на їх стан. На біохімічне окислення органічних сполук стічних вод споживається велика кількість кисню, що може призвести до деградації водойми. Кількість та склад стічних вод залежить від профілю виробництва, використовуваних технологій та становить від 1,0 до 7,0 л на 1 л переробленого молока. Загальним для стоків всіх молочних заводів є: відносно висока температура 16-33 °С, можливість різких коливань кислотності ($pH = 6,2-10,5$), великий вміст органічних домішок, що становлять основну частину завислих речовин (до 90%). Концентрація завислих речовин коливається у межах і залежить, переважно, від асортименту продукції, технології виробництва та устаткування. Максимальна концентрація завислих частинок міститься у стічних водах підприємства, що виробляє морозиво (до 1741 мг/дм³). Стічні води підприємств з переробки молока характеризуються високою добовою нерівномірністю їх якісного складу та витрат, коливаннями значень водневого показника рН. Зміна значення рН пов'язана з режимом роботи підприємства і видом миючих реагентів. При централізованому миття обладнання в каналізацію скидаються промивні стічні води і періодично, раз на 3-5 днів, відпрацьовані миючі розчини кислот і лугів. рН відпрацьованих лужних розчинів коливається від 10 до 12.

Мета роботи полягала у дослідженні вибору оптимальних марок коагулянтів для очищення стічних вод молочної промисловості і визначенні питомих витрат реагентів.

Щоб підібрати найбільш ефективний реагент і виявити оптимальну його дозу був проведений ряд досліджень на модельних стоках молочного виробництва.

У водопровідну воду, попередньо нагріту до температури 40-60 °С, вносили забруднення у вигляді вершкового масла, і, згідно з певними хімічними показниками масла, розраховувалася доза забрудника, що вводиться. Потім модельний розчин охолоджували до температури 20-22 °С. Концентрація завислих речовин у вихідних стічних водах становила 347,4 мг/л. Залишкову концентрацію жирів в розчині визначали фотометричним методом. При використанні $Al_2(SO_4)_3$ ефект очищення досягнутий при 400 мг /л, $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ - при 200 мг / л, $NaOCl$ -250 мг/ л.

Встановлено, що сульфат алюмінію є значно дешевшим за інші реагенти, але в зв'язку з тим, що реагент являється промисловим (наявність домішок у товарному вигляді варіюється від 50-80%), його очищення і подальше застосування не буде економічно вигідним.

Доведено, що найбільш ефективними коагулянтами при очистці стічних вод молокопереробного підприємства можна вважати алюміній азотнокислий і гіпохлорит натрію.

**ПРОЦЕНКО С.Б., КІЗЄЄВ М.Д., НОВИЦЬКА О.С. (УКРАЇНА, РІВНЕ)
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДІЮЧИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ
ОЧИСНИХ СПОРУД ПІД ЧАС ЗДІЙСНЕННЯ ЗАХОДІВ З ЇХНЬОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ**
*Національний університет водного господарства та природокористування України
33028, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна; s.b.protsenko@nuwm.edu.ua*

Abstract. The effectiveness of computer modeling of wastewater treatment processes during the implementation of the planned measures is proven on the example of the reconstruction project of waste treatment facilities of one of the large cities of Ukraine. The gradual decrease in concentration will be ensured in the process of sequential transferring the operation of the reconstructed facilities according to the new technological scheme and regulatory requirements for the content of nitrogen nitrates and phosphorus phosphates in effluent will be achieved.

Значна частина каналізаційних очисних споруд в Україні перебуває сьогодні в незадовільному стані і потребує реконструкції із суттєвою зміною технології очищення стічних вод та обробки осадів. Однією з основних проблем при проведенні реконструкції діючих каналізаційних очисних споруд є необхідність тимчасового виведення з експлуатації тих або інших об'єктів очисної станції для здійснення потрібних будівельно-монтажних робіт, при цьому споруди, що залишаються в експлуатації і працюють у режимі підвищеного навантаження, повинні забезпечувати належний ступінь очищення стічних вод.

При визначенні раціональної технологічної послідовності робіт з реконструкції діючих очисних споруд значної допомоги може надати комп'ютерне моделювання процесів очищення стічних вод на різних етапах реалізації запланованих заходів з метою оцінки їхнього впливу на ефективність роботи очисної станції. На прикладі проекту реконструкції очисних споруд водовідведення одного з великих міст України доведена доцільність застосування комп'ютерного моделювання для оцінки впливу запланованих заходів на ефективність очищення стічних вод.

Існуюча технологічна схема очисних споруд передбачає очищення стічних вод від грубодисперсних і мінеральних домішок на механізованих решітках та в горизонтальних пісковловлювачах, після чого відбувається поділ стоків на дві незалежні технологічні лінії (слід зазначити, що через особливості рельєфу майданчика очисної станції споруди другої технологічної лінії розташовані дещо вище споруд першої технологічної лінії; ця обставина є важливою і суттєво вплинула на прийняті проектні рішення).

Одним із завдань реконструкції діючих очисних споруд є зміна технології біологічного очищення стічних вод в аеротенках з метою підвищення ефективності видалення зі стоків біогенних елементів (азоту і фосфору) до нормативних показників. Це зумовлює необхідність проведення реконструкції ряду існуючих та будівництва низки нових технологічних споруд і виробничих корпусів зі встановленням відповідного обладнання.

У зв'язку з високими концентраціями у стічних водах біогенних елементів за порівняно невисокого вмісту органічних речовин проектом реконструкції очисних споруд передбачене застосування таких заходів:

- зниження ефективності первинного прояснення стічних вод за рахунок зменшення кількості працюючих первинних відстійників з дванадцяти до восьми;
- застосування ацидофікації (преферментації) сирого осаду в первинних відстійниках, що сприятиме підвищенню вмісту у стічних водах органіки, яка легко окислюється, необхідної для біологічного видалення фосфору в аеротенках;
- реалізація в аеротенках технології спільного біологічного видалення азоту і фосфору за схемою йоганнесбурзького процесу JNB;
- додаткове хімічне видалення фосфору шляхом реагентної обробки стоків гідроксихлоридом алюмінію.

Серед основних заходів, передбачених цим масштабним проектом, варто відзначити такі:

- реконструкція існуючої будівлі решіток зі встановленням решіток грабельних грубого очищення з прозорами 100 мм з ручним видаленням відходів та решіток грабельних тонкого очищення з прозорами 6 мм з механізованим видаленням відходів;
- будівництво шести нових аерованих пісковловлювачів замість існуючих горизонтальних;
- комплексна реконструкція восьми первинних та шістнадцяти вторинних радіальних відстійників із заміною механізмів видалення осаду та систем розподілу і збору води;

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

- реалізація в аеротенках технології біологічного видалення азоту і фосфору (технологія нітриденітрифікації та дефосфорації за схемою процесу JNB), для чого передбачене влаштування в кожній секції аеротенків двох аноксидних та однієї анаеробної зон з механічними мішалками, аеробної зони із системою пневматичної аерації та організація внутрішнього нітратного рециклу мулової суміші з кінця аеробної на початок другої аноксидної зони;

- реконструкція та нове будівництво насосних станцій, реконструкція повітродувної станції зі встановленням енергоефективного насосно-повітродувного обладнання з частотно-регульованим приводом;

- будівництво реагентного господарства (станції дозування коагулянту та резервуарів для його зберігання);

- влаштування автоматизованої системи функціонального контролю технологічних процесів і дистанційного управління технічними засобами, що забезпечують такий контроль;

- комплексна реконструкція споруд з обробки утворених осадів тощо.

Проектом реконструкції очисних споруд передбачена технологічна послідовність виконання будівельно-монтажних робіт у чотири черги. З метою визначення ефективності біологічного очищення стічних вод на різних етапах реконструкції очисної станції було виконане моделювання її роботи в комп'ютерній програмі Hydromantis GPS-X за таких проектних параметрів стічних вод (з урахуванням внеску зворотних потоків станції): середньодобова витрата – 400 тис. м³/добу; ХПК – 330 мг/дм³; БПК₅ – 156 мг/дм³; завислі речовини – 222 мг/дм³; азот амонійний (N-NH₄) – 24 мг/дм³; азот загальний – 33,1 мг/дм³; фосфор фосфатів (P-PO₄) – 8,16 мг/дм³; фосфор загальний – 10,2 мг/дм³; розрахункова температура стоків – 12°C.

Моделювання технологічних процесів очищення стічних вод було виконано для шести режимів роботи очисних споруд: за існуючою технологічною схемою; під час реалізації чотирьох черг їхньої реконструкції та після завершення всіх робіт з реконструкції очисної станції за новою технологічною схемою.

Проведені дослідження показують (табл. 1), що за прийнятої у проекті технологічної послідовності робіт з реконструкції очисної станції вона здатна забезпечити нормативну якість очищених стічних вод за основними показниками забруднення (ХПК, БПК₅, азот амонійний, завислі речовини) на всіх етапах реалізації запланованих заходів. Також поступово, у процесі послідовного переведення роботи реконструйованих споруд за проектною технологічною схемою, буде забезпечено зменшення вмісту і досягнуті нормативні вимоги до якості очищених стічних вод за такими показниками, як концентрації азоту нітратного і фосфору фосфатів.

Таблиця 1

Показники якості очищених стічних вод за результатами моделювання технологічних процесів у різних режимах роботи станції та вимоги до скиду

Показники якості очищених стічних вод	Значення показників, мг/дм ³						
	за існуючої технології	під час N-ої черги реконструкції				після реконструкції	вимоги до скиду
		першої	другої	третьої	четвертої		
ХПК	26,5	32,7	30,4	31,2	29,9	28,9	80
БПК ₅	3,8	6,7	6,0	6,7	6,3	6,0	15
Завислі речовини	10,2	16,0	13,6	13,9	12,4	10,8	15
Азот амонійний	0,15	0,27	0,87	1,48	1,47	1,42	2,0
Азот нітритний	0,14	0,37	0,60	0,91	0,91	0,91	0,91
Азот нітратний	19,1	17,7	12,8	9,3	9,3	7,2	10,2
Фосфор фосфатів	7,9	7,6	4,1	1,85	1,85	0,34	1,14

ЮРЧЕНКО В.О.¹, СМІРНОВ О.В.² (УКРАЇНА, ХАРКІВ, ЛЬВІВ)

ВПЛИВ УТВОРЕННЯ СІРКОВОДНЮ В КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ СПОРУД ВОДОВІДВЕДЕННЯ Й ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ТА РІВЕНЬ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

¹Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, 61002, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна; yurchenko.valentina@gmail.com

²ЛМКП "Львівводоканал", 79017, вул. Зелена, 64, Львів, Україна; esoman2009@gmail.com

Abstract. The main threats caused by the formation of hydrogen sulfide in sewage networks for the ecological safety of urban regions due to emissions of hydrogen sulfide into the atmospheric air, the operational durability of concrete collectors as a result of the initiation of biogenic sulfuric acid corrosion, and the operational reliability of biological wastewater treatment due to the activation of the development of filamentous sulfur bacteria, the causative agents of activated sludge bulking, are considered.

Мережі водовідведення виконують важливу природоохоронну функцію, забезпечуючи екологічну безпеку питного та промислового водокористування, але як масштабні промислові об'єкти є фактором техногенного екологічного ризику. Одним з найбільш значущих факторів ризику при експлуатації споруд водовідведення є утворення та накопичення в експлуатаційних середовищах каналізаційних трубопроводів (стічній воді, підсклепиневого просторі, конденсатній волозі на склепінні) сірководню, його похідних та продуктів окислення. Цей сірководень, як і в біосфері, має мікробіологічне походження. Самопливний каналізаційний колектор можна розглядати як техногенну екосистему, яка включає три фази: рідку (стічні води, що транспортуються), газоподібну (атмосферу колектора) та тверду (бетон склепіння), та їх мікробіоценози. Головним рушієм трансформацій сполук, окислення-відновлення елементів, їх міграції з рідкої фази в газоподібну, потім у тверду і з неї (частково) - вихідну рідку, є мікроорганізми.

У стічних водах (водній фазі екосистеми), що транспортуються, переважають гетеротрофні факультативно і облігатно анаеробні мікробіологічні процеси, що здійснюються вільноплаваючими та іммобілізованими мікроорганізмами. Серед них один із переважних процесів - мікробіологічна сульфатредукція, яка призводить до утворення газоподібного H₂S.

Накопичення цієї сполуки в стічних водах, що транспортуються, створює проблеми для екологічної безпеки відведення стічних вод, експлуатаційної довговічності бетонних трубопроводів водовідведення та для експлуатаційної надійності біологічного очищення стічних вод на міських очисних спорудах каналізації. Викиди сірководню з каналізаційних мереж створюють екологічну напруженість у прилеглих міських регіонах, оскільки концентрація в них сірководню перевищує ГДК для населених місць. Крім того, сірководень, що накопичується в атмосфері самопливного колектора, розчиняється в конденсатній волозі на склепінні колектора і за присутності в середовищі кисню окислюється автотрофними та міксотрофними тіоновими бактеріями до сірчаної кислоти. Таким чином, у газоповітряному середовищі підсклепиневого простору, що містить сірководень, безпосереднім агресивним агентом по відношенню до бетону є сірчана кислота (корозія II виду за класифікацією В.М.Москвіна). Така корозія є причиною 70-75% аварій на залізобетонних трубопроводах водовідведення міських каналізаційних мереж, знижуючи їхню довговічність із планованих 50 до 10-15 років. А частота аварій на залізобетонних трубопроводах водовідведення (довжина яких становить 25 % протяжності всієї мережі) 1,8-4,6 км/рік у 2-4 рази вища, ніж на керамічних та у 20-40 разів вища, ніж на цегляних. Оскільки бетон і залізобетон застосовуються при будівництві великомасштабних споруд водовідведення, то відмови в їх роботі, а тим більше аварії, спричиняють не тільки значні економічні збитки та порушення у діяльності підприємств, але й інтенсивне забруднення всіх середовищ біосфери з довгостроковими екологічними наслідками та загрозою безпечної життєдіяльності мешканців міст.

Наявність сірководню в стічних водах створює надзвичайні ризики для проведення біологічної очистки стічних вод в аеротенках. Сірководень ініціює інтенсивний розвиток в активному мулі сірчаних нитчастих бактерій: (різних видів Thiotrix, в тому числі Type 021), які спричиняють так зване спухання активного мулу. Воно кардинально порушує процес відділення активного мулу від очищеної стічної води у вторинних відстійниках. Розвиток такого активного мулу суттєво зменшує ефект видалення сполук азоту з стічних вод, призводить до зменшення об'єму надмулової води, погіршення щільності та водовіддачі мулу, підвищення вмісту завислих речовин в очищеній воді, виносу часток

мулу разом із очищеною водою і зниження концентрації активного мулу в рециркуляційному потоці аж до повного виносу з системи.

Результати визначення концентрації сірководню в різних фазах каналізаційних колекторів в м. Харкові та в стічних водах, що оброблюються на міських очисних спорудах, представлено в табл.

Таблиця 1

Концентрація H₂S та бактерій, що перетворюють сірковмісні сполуки, в різних середовищах на ділянках каналізаційної мережі і очисних споруд

Середовище	Ділянка колектора	Концентрація сполук сірки	Концентрація бактерій, що перетворюють сполуки сірки
Стічні води, що транспортуються	1	15,3-25,5 мг H ₂ S/дм ³	10 ⁵ кл/см ³
	2	4,8-5,7 мг H ₂ S/дм ³	10 ³ кл/см ³ сульфатредукуючих бактерій
Атмосфера підсклепіневого простору	1	100 -150 мг H ₂ S/м ³	
	2	1-12 мг H ₂ S/м ³	
Бетон надводної частини колектора	1	2,95-4,42 % S	2,9 10 ⁸ кл/г бетону
	2	1,28-1,50 % S	10 ⁴ кл/г бетону тіонових бактерій
Швидкість корозії бетону, мм/рік	1	6,0 мм/рік	
	2	0,1 мм/рік	
Стічні води, що надходять на очисні споруди		1,5 -2,0 мг/дм ³ H ₂ S	0,1-0,5 г/дм ³ нитчастих бактерій Type 021N

Для подолання негативних наслідків накопичення сірководню в стічних водах в каналізаційних мережах розроблено цілий ряд заходів, які стосуються придушення сульфатредукції, зменшення емісії сірководню з стічних вод в підсклепіневий простір, захисту бетону надводної частини споруд водовідведення. Проте практично впровадженими (до того ж на незначній кількості об'єктів в основному за межами України) є лише метод придушення сульфатредукції з допомогою додавання до стічних вод нітратів або інших реагентів для підвищення ОВП, метод зв'язування утвореного сірководню в нерозчинні сполуки з допомогою солей феруму та використання захисних покриттів бетонних поверхонь з допомогою листового поліетилену.

Наразі в якості засобу для зменшення негативних наслідків утворення сірководню в каналізаційних мережах стає доступним метод охолодження стічних вод, який комплексно пригнічує сульфатредукцію, емісію сірководню з водного середовища та активність викиду газоподібних сполук з мереж. Раніше масштабне охолодження стічних вод в мережах було технічно неможливо і економічно недоцільно реалізувати, а наразі вже промислово випускаються труби і спеціальні конструкції для відведення тепла від каналізаційних стічних вод, що успішно впроваджені в Швейцарії, Швеції, Великобританії, Фінляндії, Канаді. Позитивний вплив використання теплового насоса на продукцію сірководню в стічних водах доведено також при експлуатації каналізаційних мереж в м. Харкові.

Таким чином, технологія, спрямована на відбір теплової енергії зі стічних вод, надає не тільки альтернативне джерело теплопостачання міста, але й підвищує експлуатаційну довговічність та екологічну безпеку систем водовідведення через зменшення утворення та викиду сірководню і усунення загрози корозії бетонних конструкцій; підвищення надійності очистки стічних вод на міських очисних спорудах через зменшення загрози нитчастого спухання активного мулу.

ЧМИР І.С., ЛЮТА О.В. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УКРАЇНИ

Національний університет «Львівська політехніка»

79013, вулиця Степана Бандери, 12, Львів, Україна; irachmir2701@gmail.com

Abstract. Since the Ukrainian cities of Donetsk and Luhansk regions were captured by Russian sabotage groups, the environmental situation in Ukraine began to deteriorate. It began to acquire critical proportions after the beginning of a full-scale invasion, because military operations began on the entire territory of Ukraine. Constant shelling and bombings cause critical damage to the environment. Ukrainian nature is another victim of Russian aggression. The war affected every component of the environment - animal and plant life, water, air, soil. The consequences of this negative impact will be long-term and will have not only a local, but also a global character.

Від початку повномасштабного вторгнення військові російської федерації завдали понад 5 тис. ракетних і близько 3,5 тис. авіаційних ударів по об'єктах на території України. Понад 180 тис. квадратних кілометрів українських земель, уражених російськими окупантами, необхідно обстежити на мінно-вибухові речовини.

Одними з перших постраждали нафтобази (саме вони в різних регіонах стали найпоширенішою категорією об'єктів техногенної небезпеки, що піддавались цілеспрямованим обстрілам). Всього постраждало не менше 60 нафтобаз та інших сховищ паливно-мастильних матеріалів у 23 областях. Аби уявити масштаби трагедії, згідно оцінки експертів, під час однієї пожежі на нафтобазі виділяється приблизно стільки ж атмосферного забруднення, скільки виробляє весь транспорт Києва за місяць. Серед забрудників: вуглеводні, діоксид азоту, сірчистий ангідрид, сірководень, формальдегід і сажа. Коротко кажучи, рецепт надійного онкококтейлю.

Другою групою цілеспрямованих обстрілів стали склади легкозаймистих речовин (лаки, фарби) та великі будівельні супермаркети мережі “Епіцентр”. Потужна пожежа охопила 17.03 найбільший ринок Європи — Барабашово (м. Харків). Зазначається, що під час горіння відбулось забруднення атмосферного повітря неорганізованими викидами речовин, які забруднюють довкілля.

Інші об'єкти, що стали джерелом забруднення атмосфери внаслідок обстрілів, стали газопроводи. До прикладу, зруйнований газопровід у Харкові, що спричинило потужний вибух та ударну хвилю, яка пошкодила будівлі в житлових районах міста, у м. Світлодарську, де масштабна пожежа тривала кілька годин. Того ж дня авіація ворога завдала удару по газовій магістралі Донецьк–Маріуполь, де стався вибух і пожежа; по газопроводу на підприємстві Авдіївський коксохім, 23.03 — по газопроводу в м.Тростянець.

Беручи до уваги, наведені вище докази екологічних злочинів російської федерації, можна зробити висновок, що результат вибуху чи пожежі — це не просто $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ як в шкільному підручнику. Кількість атмосферних забрудників залежить від того, що саме вибухає і як довго горить.

Коли ракети, артилерійський снаряд чи міна детонує, утворюється цілий ряд хімічних сполук — чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO_2), закис азоту (N_2O), формальдегід (CH_2O), пари ціанистої кислоти (HCN). Крім них також утворюється токсична органіка і починають окислюватися ґрунти та деревина у зоні ураження. При вибуху всі речовини проходять повне окиснення, а продукти хімічної реакції вивільняються в атмосферу, де мігрують світом і спричиняють подальші кислотні дощі.

Серед нетоксичних викидів від застосування ракети виділення парникових газів — водяної пари та вуглецю. Проте й вони впливають на довкілля, провокуючи зміни у кліматі. І тоді це вже стосується не однієї країни, а всього світу.

Загальна маса викидів у повітря при розриві ракети, наприклад такої, як «Точка У», становить приблизно 60 кілограмів. Якщо припустити, що всі випущені ракети росією це “Точка У”, то загальний обсяг викидів у повітря становитиме 240 тонн. При цьому, у розрахунок входять лише викиди тільки від самої ракети, без викидів спричинених нею руйнувань та пожеж.

Отже, з огляду на збитки, які військові дії спричиняють не тільки інфраструктурі та населенню України, можна стверджувати, що росія чинить екоцид на нашій території. Важко навіть уявити скільки часу потрібно на очищення та відновлення наших земель та повітря. Проте зрозуміло вже зараз – наслідки цієї війни кожен українець відчуватиме на собі дуже тривалий час. Екологія та її вплив на здоров'я кожного українця є однією з проблем післявоєнного відновлення в Україні.

DYBEK B., ANDERS D., HERKOWIAK M., HOŁAJ-KRZAK J.T.,

WAŁOWSKI G. (POLAND, FALENTY)

**MANAGEMENT OF AGRICULTURAL WASTE - POLYDISPERSE SUBSTRATE, FOR
THE NEEDS OF A MOBILE MICRO-BIOGAS PLANT**

Institute of Technology and Life Sciences - National Research Institute

Falenty, 3 Hrabaska Avenue, 05-090 Raszyn, Poland; g.walowski@itp.edu.pl

Abstract. As a result of the litter-free animal husbandry system on farms, slurry is produced which is a valuable source of fertilizer. However, its use in excess or in inappropriate agrotechnical periods can seriously pollute the environment. Slurry is a natural liquid manure, a mixture of faeces, urine and water that may be successfully used in the methane fermentation process in a vast number of agricultural biogas plants. Urine consists of 96% of water and contains inorganic and organic nitrogen compounds, vitamins, hormones and enzymes. Faeces comprises feed residues (digested and undigested), body secretions and bacteria and their metabolic products.

The authors of this study presented a prototype installation for the management of a polydisperse substance, which includes:

- 1). Preparation and dosing of biomass feed into the methane fermentation module;
- 2). Biogas production: - fermenter system, - raw gas tank, - digestate management;
- 3). Installation for the collection and preparation of treated biogas;
- 4). Power generator;
- 5). Auxiliary installations: electrical, thermal and pneumatic installations, control system.

The properties, types and physicochemical aspects of the polydisperse substrate (pig slurry) used in the fermentation process were presented. A pilot biogas purification installation was presented on the example of a farm with 1,100 Dan Bred pigs kept in a grate system. The tests were carried out to measure the biogas flow rate resulting from the reference pressure in the fermenter. An independent assessment of the amount of biogas and pressure drop in the framework bed was carried out. The basis for assessing the hydrodynamics of gas flow through the adhesive bed is the flow characteristics resulting from the pressure forcing the flow. The measurement results indicate the practical use of pig slurry - a substrate in a polydisperse system for the production of agricultural biogas in the context of renewable energy. The tests were carried out for 49 days, which shows that it is more advantageous to mix hydrodynamically, obtaining CH₄ at the level of 80%.

Introduction of digestate (digested polydisperse substrate) to the market as a fertilizer or agent improving soil properties - the ratio of nitrogen, phosphorus, potassium is similar to slurry. In addition, the digestate also contains calcium and magnesium as well as organic matter. The digestate is practically homogeneous, so there is no problem of different nitrogen concentrations, as is the case with slurry.

БОРИСОВ І.О., ГЕВОД В.С., КОВАЛЕНКО І.Л. (УКРАЇНА, ДНІПРО)
**БЕЗРЕАГЕНТНЕ ЗНИЖЕННЯ ГІДРОГЕНКАРБОНАТНО-КАЛЬЦІЄВОЇ
ЖОРСТКОСТІ ВОДИ: РІВНОВАЖНІ СТАНИ ТА КІНЕТИКА**

*Український державний хіміко-технологічний університет,
49005, пр Гагарина, 8, м. Дніпро, Україна; aquilegna@ua.fm*

Abstract. The analysis of equilibrium states and the kinetics of changes in the concentrations of the components of the carbonate system in water with different calcium hardness was performed, and the possibility of reducing this indicator by an environmentally friendly method - aeration - was evaluated. Changes in the concentrations of dissolved carbon dioxide, calcium ions, hydrogen ions (pH), hydrogen carbonate and carbonate ions in water were monitored depending on the partial pressure of carbon dioxide in the soil and atmospheric air and the kinetics of the reduction of hydrogen carbonate-calcium hardness of water during its natural and forced aeration.

В Україні централізованим водопостачанням забезпечено 23,5% сіл. Решта населення сільських територій використовує воду для пиття та господарської діяльності з підземних джерел. При цьому головною вимогою до води з джерел децентралізованого водопостачання є її безпека, а також надійна робота устаткування та приладів, що контактують із водою. Як показали дослідження, значна доля (від 14,2% до 45,6%) проб води, з децентралізованих джерел, не відповідає нормативам за санітарно-хімічними показниками, у тому числі за показником жорсткості. Отже, незалежно від призначення води, за умови відхилення показників її жорсткості від регламентованих нормативів, вона підлягає кондиціонуванню. Для зниження жорсткості води застосовують реагентні (вапнування, содово-вапнування, іонний обмін) і безреагентні (зворотний осмос) методи. Перші мають перевагу при централізованій водопідготовці, а другі при децентралізованій. Стимулюючими факторами використання зворотного осмосу і іонного обміну є високі інвестиційні, і експлуатаційні витрати.

В роботі розкрито альтернативний шлях зменшення гідрокарбонатно кальцієвої жорсткості води. Ця жорсткість у природній воді детерміновано поєднана з концентраціями розчиненого вуглекислого газу та іонів гідрогену. У водовмісних шарах, вода часто-густо має високі концентрації гідрокарбонат-іонів, іонів водню і катіонів кальцію. Швидке зниження концентрації цих складових у воді може забезпечити її продування потоком мікробульбашок атмосферного повітря.

Виконано аналіз змін концентрацій розчиненої вуглекислоти, іонів кальцію, іонів водню (pH), гідрокарбонат і карбонат-іонів у воді в залежності від парціального тиску вуглекислого газу в атмосферному повітрі, і розраховано кінетику зниження гідрокарбонатно-кальцієвої жорсткості води за умов її природної та примусової аерації. Показано, що жорстка вода швидко пом'якшується при інтенсифікації її газообміну з атмосферним повітрям. Зниження гідрокарбонатно-кальцієвої жорсткості в 100 літрах води від 8 мг-екв/л до 1 мг-екв/л можна досягти приблизно за 20 хвилин, якщо її продувати потоком бульбашок атмосферного повітря із середнім радіусом 50 мкм і витратою 10 л/хв. Привабливість цього способу полягає в його економічності та екологічності. Поряд із жорсткістю із води видаляється залізо, сірководень інші іони важких металів, але у складі води залишається магній, вплив якого на здоров'я людини важко переоцінити і який не зберігається у воді за застосування зворотного осмосу або іонного обміну. Аераційний спосіб зменшення жорсткості води може бути використаний як у пристроях "Point-of-Use", так і для її попередньої підготовки на підприємствах водоканалів.

A NOVEL APPROACH FOR DEACTIVATING ANTIBIOTICS FROM WASTEWATER BY COMBINATION BIOSORPTION METHOD AND ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOP)

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, soroka.soroka2@gmail.com

Abstract. In this study, it was aimed to develop modern environmentally friendly and highly efficient methods of antibiotic treatment and disinfection of wastewater generated by domestic activities, food factories and the pharmaceutical industries. At the same time, constant release of antibiotics in natural waters does not only cause toxic effects on aquatic organisms but also spread antibiotic resistant genes to the environment, threatening the future effectiveness of existing antimicrobial drugs.

The novelty of this method lies in the combination of several techniques, which will allow to obtain a synergistic effect when using oxidizing elements in low doses. In addition, the new method allows disinfection, deodorization, detoxification and decolorization of wastewater. Environmentally friendly oxidizing agents to achieve stable operation of activated sludge microbiocenosis community. Advanced biosorption methods based on the process of water purification by immobilized biocenosis on inert polycarbonate disc carriers, which in turn ensure the destruction of organic matter, nitrogen and phosphorus compounds, etc. with a combination of deep oxidative processes (AOP) (Fig. 1). The present invention provides a highly efficient technology for the decontamination of antibiotics from polydisperse wastewater.

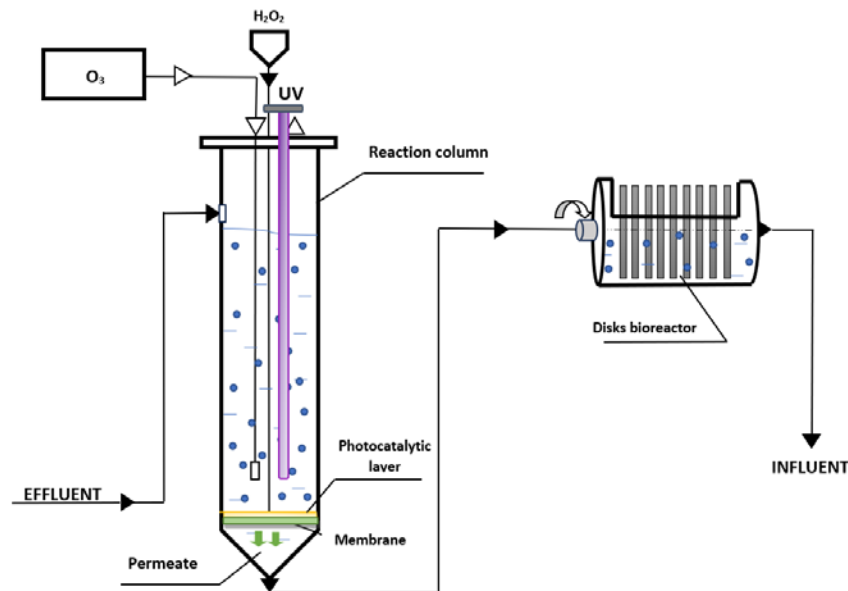


Fig. 1. Scheme for inactivation of wastewater from antibiotics by biological and AOP methods

This developed method is environmentally safe, since the reactions that occur do not produce toxic gases and most of the greenhouse gases that would be released into the atmospheric air with traditional cleaning methods, and no waste is generated that requires removal and subsequent disposal, inactivation, or burial. Have been evaluated the effectiveness of a combined biological and advanced oxidative processes (AOP) treatment using $O_2 + H_2O_2 + UV$ and combination $TiO_2 + UV$ for treating water containing various antibiotics. During the AOP treatment of wastewater, hydroxyl radicals ($OH\cdot$) are generated in sufficient quantity to remove refractory organic matters, traceable organic contaminants, or certain inorganic pollutants, or to increase wastewater biodegradability as a pre-treatment prior to an ensuing biological treatment. Also, the combined process has higher synergetic effects for biodegradability enhancement and reduces the toxicity, protect the microorganisms from inhibitory compounds, etc. Optimum pretreatment conditions reduce the cost and energy consumption of electrochemical treatment. The integration of AOP as pretreatment for biological process ultimately results in reducing the operation cost and environmental impact.

SOROKINA K.¹, KOBLYANSKYI V.¹, TSAPKO N.² (UKRAINE, KHARKIV)

ENSURING MICROBIOLOGICAL SAFETY OF DRINKING WATER

¹ *O.M. Beketova National University of Urban Economy in Kharkiv*

61002, 17, Marshal Bazhanov Street, Kharkiv, Ukraine; kbsorokina@ukr.net

² *Ukrainian Scientific and Research Institute of Ecological Problems,*

61165, 6 Bakulina Street, Kharkiv, Ukraine; tsapkonatali@gmail.com

Abstract. The main features of water disinfection using chlorine-containing reagents are considered. Opportunities and problems of ensuring microbiological safety of water in conditions of a decrease in its quality in centralized water supply systems, with limited access to water of acceptable quality and the need for long-term storage for use are highlighted. Reagents have been identified that can be used to organize field water supply or by civilians to ensure harmlessness and satisfactory organoleptic properties of water in emergency situations.

The set of technologies, structures and devices that make it possible to bring the quality indicators of natural water to regulated drinking water standards includes various methods for removing unwanted particles, dissolved impurities, biological substances and gases. Depending on the principle of operation of cleaning devices, physical, chemical, biological, physical and mechanical cleaning methods are implemented.

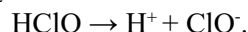
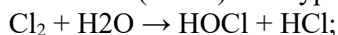
One of the most important stages of water treatment is disinfection - purification of water from microbiological contamination. Disinfection methods serve to destroy pathogenic microorganisms, viruses and bacteria. To implement disinfection, chlorination, ozonation, iodination, heat treatment, the use of ultrasonic units, the use of silver, the combined use of several reagents and a combination of chemical and physical effects are proposed as the main technological solutions.

The main disinfection technology accepted at most municipal water treatment plants is chlorination. This demand is due to the relatively low cost of reagents and ease of maintenance. Chlorine and its derived products have a destructive effect on the substances of bacterial and viral cells. In addition to the advantages, chlorination of water also has its disadvantages. The main disadvantage is the risk of formation of chlorine derivatives, which have carcinogenic properties. Boiling chlorinated water only aggravates the situation, since under the influence of high temperatures new toxic substances can form in it.

The most common reagents for water disinfection are chlorine gas dissolved in water (Cl_2 , HOCl , ClO^-) or its oxygen compounds (calcium hypochlorite $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, sodium hypochlorite NaOCl , bleaching powder $3\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Cl}_2$, chlorine dioxide ClO_2).

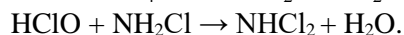
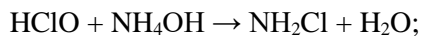
Technological and operational factors that determine the effectiveness of the bactericidal effect of chlorine-containing reagents are their doses and duration of contact with water. To determine the estimated amount of reagent for water disinfection, the total chlorine requirement of water is taken into account, the components of which are chlorine absorption and a regulated excess of chlorine, the task of which is to ensure a bactericidal effect for a given period of time. This is necessary, since in drinking water supply systems with surface and underground water sources and a large length of main water pipelines (several tens of kilometers), a deterioration in the quality of drinking water is observed during operation due to the development of microorganisms and hydrobionts in fouling and sediments of water pipelines. Surface water, although treated at water treatment plants, differs from underground water in the abundance and diversity of microflora and aquatic organisms, a higher content of organic compounds and nutrients and, as a result, more intense biological processes in transportation systems, leading to deterioration of water quality.

As is known, depending on conditions of the technological process of water purification and its chemical composition, active chlorine can exist in the form of free or combined (bound). If the water does not contain ammonium compounds, after the introduction of chlorine, at normal pH ranges in water supply practice, chlorine can exist in the form of hypochlorous acid (HOCl) and hypochlorite ion (ClO^-):



The totality of these compounds is considered as free active chlorine.

If the water undergoing chlorination contains ammonium and organic compounds containing nitrogen (proteins, amino acids), free active chlorine, interacting with them, forms chloramines and chlorine derived products (NH_2Cl , NHCl_2):



WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

This chlorine, present in the form of 30 chemical compounds with ammonia and organic nitrogen substances, is combined under the concept of “combined active chlorine”.

The study of the chemistry of ongoing processes shows that combined chlorine has a lower redox potential and is inferior in bactericidal action to free chlorine, as a result of which the process of disinfection with combined chlorine develops more slowly and lasts longer.

The importance of sanitary water safety increases many times over in conditions of declining water quality in centralized water supply systems, with limited access to water of acceptable quality and the need for long-term storage for use. At the same time, we are talking not only about the danger of contracting intestinal infections and other life-threatening diseases when drinking water. This also applies to process water – used for hygiene, food preparation, dishwashing, and laundry. Despite the fact that such water is not suitable for drinking, it should still be safe for people and not contain pathogenic microorganisms.

The use of household filters for post-purification of tap water is one of the available methods that allows you to improve the quality of the water used and get rid of secondary pollution, as well as adjust its mineral composition to ensure physiological usefulness. Post-purification of drinking water using household filters today should be considered as a necessary and equal element of the modern drinking water supply scheme, which does not replace other elements or compete with them but complements the traditional drinking water supply scheme.

However, in emergency situations associated with disruption of centralized water supply systems, household post-treatment systems become useless.

In conditions of increased infectious risk, bottled water is the safest water to drink, but its availability may be limited.

In decentralized water supply systems, water is often stored in reservoirs. Among the problems of operating such tanks are:

- accumulation of sediment in tanks;
- leaks around tank fittings, damage of supply or discharge pipelines;
- overturning or subsidence of tanks;
- reproduction of microorganisms and algae;
- contamination getting into open tanks;
- mechanical damage to tanks;
- fire damage to water storage tanks.

The following can be considered as ways to ensure the sanitary safety of drinking water in conditions of increased infectious danger:

- protection of water storage tanks with insulating coatings;
- treatment of container surfaces with biocidal reagents;
- use of reagents for water treatment that have an antimicrobial effect against bacteria.

Among the reagents that can be used to organize field water supply in emergency situations or for the civilian population, the following can be mentioned:

- bleaching powder $3\text{CaCl}(\text{OCl})\cdot\text{Ca}(\text{OH})_2$, containing 30–35 % active chlorine;
- two-tertiary alkaline salt of calcium hypochlorite $3\text{Ca}(\text{OCl})_2\cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$, the content of active chlorine in which reaches 47–57 %;
- parasulfodichloramide of benzoic acid with soda and salt $\text{COOH C}_6\text{H}_4 \text{NCl}_2$; tablet form, 3.5 mg of active chlorine per 0.75 l of water;
- isocyanuric acid and its sodium salt, tablet form, 4–4.5 mg of active chlorine per 0.75 l of water.

These reagents are produced in tablet or powder form, convenient for transportation and storage, and highly effective.

The implementation of these measures will improve epidemiological safety, ensure the harmlessness and satisfactory organoleptic properties of water in emergency situations.

**ТРОХИМЕНКО Г.Г., ГОСТЄВА Д.В. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)
СВЕРДЛОВИНИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ
У МІСТІ МИКОЛАЇВ**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 54025, проспект
Героїв України, 9, Миколаїв, Україна; university@nuos.edu.ua*

Abstract. After the destruction of the water supply system during the war in Mykolaiv, the possibility of providing the city's population with drinking water from wells as an alternative source of water supply is considered. A comparative analysis of the water quality of two wells from different districts of the city was carried out. The study found that the following indicators were not met the hygiene standards for drinking water: total salt content, nitrates, sodium, sulphates, dry residue and calcium. After the installation of the treatment systems, the water met the standards.

Внаслідок бойових дій, півмільйонне місто Миколаїв довгий час залишалося без централізованого водопостачання. Враховуючи критичну ситуацію в місті, здійснюється пошук його альтернативних джерел. Кількість санкціонованих і несанкціонованих свердловин в місті збільшується, однак жодна з них не відповідає ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної...» за хімічними показниками.

З метою попередження виникнення екологічних небезпек, пов'язаних із вмістом небезпечних домішок у питній воді та зменшення ступеня екологічного ризику, вода, що надходить до централізованих та нецентралізованих систем господарсько-питного призначення, повинна проходити відповідну підготовку. Вода не завжди очищується, як у випадку приватних свердловин, воду з більшості з них використовують як технічну, або як питну без попереднього очищення. Проте, коли свердловини встановлені на комунальних об'єктах, які обслуговують не лише одне господарство, а цілі мікрорайони міста, тут застосовується локальна система очищення води.

Були досліджені органолептичні та хімічні показники якості води на прикладі двох свердловин Заводського та Інгульського районів, розташованих на об'єктах комунальної власності. За такими показниками, як: каламутність, забарвленість, запах 20°C, запах 60°C, смак та присмак, рН, гідрокарбонатна жорсткість, залізо, кисень розчинний, ХСК, лужність, амоній, хлориди, окисно-відновний потенціал, кремній, феноли, хлор залишковий, йод, фтор, марганець, калій, магній, нафтопродукти – відхилень не спостерігалось. За іншими показниками (Таблиця 1) виявлені перевищення: за загальним вмістом солей - у 2,3 (C1), 1,8 (C2) р.; нітрати - 2,2 (C1), 1,6 (C2) р.; натрій - 2,3 (C1), 1,9 (C2) р.; сульфати - 4,7 (C1), 4,5 (C2) р.; сухий залишок - 2.3 (C1), 1,8 (C2) р.; кальцій – 1.6 (C1), 1,1 (C2) р.

Таблиця 1

Хімічні показники якості води зі свердловин, які не відповідають гігієнічним вимогам

Показники	Свердловина 1 (C1) (вул.Леваневців)		Свердловина 2 (C2) (вул. Космонавтів)		Норма
	До очищення	Після очищення	До очищення	Після очищення	
Загальний вміст солей, мг/дм ³	2331	99,0	1775	115	≤1000
Нітрати, мг/дм ³	112	24,1	79,6	36,3	≤50
Натрій, мг/дм ³	468	33,2	384	22,9	≤200
Сульфати, мг/дм ³	1170	12,5	1130	98	≤250
Сухий залишок, мг/дм ³	2312	98,0	1758	117	≤1000
Кальцій, мг/дм ³	150,29	4,01	138,2	10,3	≤130

Після встановлення системи механічної фільтрації та зворотньоосмотичної установки показники відповідали нормам. Враховуючи високий рівень мінералізації поверхневих та глибинних вод, у місті Миколаєві свердловини можуть бути альтернативною системою водопостачання лише за умов встановлення відповідних систем очищення або доочищення води.

БОРДУН І.М., МАЛЬОВАНІЙ М.С., БОРИСЮК А.К.,
НАГУРСЬКИЙ Н.О. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

**СИНТЕЗ І ВЛАСТИВОСТІ АДСОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ СУБМІКРОННОГО
ПОРОШКУ ЗАЛІЗА І ЛІГНІНУ**

Національний університет Львівська політехніка
79013, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна; coffice@lpnu.ua

Abstract. In this work, adsorbents were synthesised from submicron iron and lignin powders with and without oleic acid. The morphology of the samples, structural, magnetic and adsorption properties were investigated. Adsorption measurements were carried out with differently charged dyes - methylene blue and congo red. It was found that the addition of oleic acid at the stage of preparing the mixture for pyrolysis significantly increases the adsorption capacity of the adsorbent for acidic dyes such as congo red.

Адсорбція є одним з універсальних методів очищення та доочищення стічних вод від розчинених органічних сполук природного та штучного походження на різних виробництвах. Зношеність і застарілі технології спричиняють значні труднощі для роботи водоочисних промислових систем у багатьох районах України. Ця проблема робить розробку нових дешевих і ефективних адсорбційних матеріалів актуальною задачею. Важливе місце серед них посідають магніточутливі адсорбенти, які завдяки магнітній сепарації можуть бути швидко вилучені із розчину. Одним із способів синтезу таких сорбентів є додавання феромагнітних частинок до вуглецевмісної сировини із подальшою карбонізацією цієї суміші шляхом піролізу.

Як феромагнітний матеріал нами було використано залізний порошок прямого відновлення. Форма і розмір частинок залізного порошку встановлена з використанням скануючого електронного мікроскопа Phenom Pro X. Показано, що порошок має розгалужену пористу будову із перетинками-виступами з розмірами порядку 2 мкм. Дослідження елементного складу було проведено з використанням рентгенофлуоресцентного аналізатора ElvaX Pro і рентгенофазного аналізу. Встановлено, що основу порошку становить α -Fe (91,7%), а решта – оксиди заліза.

Для синтезу вуглецевої фази було використано висушений і подрібнений гідролізний лігнін. Синтез першого зразка було здійснено за співвідношення лігнін : порошок заліза = 60 мас.% : 40 мас.%. Обидва порошки було поміщено у фарфорову ступку і перетерто. Підготовлену таким чином суміш піддавали піролізу у атмосфері аргону – температура 800 °С, тривалість 90 хв. Швидкість нагріву становила 10 град/хв. Синтез другого зразка було здійснено з додаванням олеїнової кислоти як додаткового джерела вуглецю і для зменшення адгезії частинок порошку заліза у кількості 15 мас.% відносно маси порошку заліза. Порошки з олеїновою кислотою перемішували з додаванням води і висушували у сушильній шафі за температури 100 °С. Після цього сировину піддавали піролізу при тих самих умовах, що і попередній зразок. Синтезовані зразки були промиті за допомогою гарячої (~ 70 °С) дистильованої води і відфільтровані за допомогою фільтру «синя стрічка».

На основі аналізу зображень СЕМ показано, що і у одному, і у іншому випадку взаємодія вуглецевої основи із порошком заліза відбулася не повністю, спостерігаються окремі частинки порошкового заліза у обох зразках. Магнітні властивості досліджено методом вібраційної магнітометрії, встановлено, що обидва зразки мають однакові магнітні характеристики. Адсорбційні властивості визначено за адсорбцією різнозаряджених барвників – метиленового синього (МС) (основний барвник) і конго червоного (КЧ) (кислотний барвник). Вимірювання проведено за допомогою спектрофотометричної методики на довжині хвилі 665 нм для МС і 505 нм для КЧ з використанням однопроменевого спектрофотометра СФ-46. Встановлено, що адсорбційна ємність по МС у зразку, синтезованому із олеїновою кислотою, є на 15%, а по КЧ – у 5 разів більшою, ніж у зразку, синтезованому без олеїнової кислоти.

Таким чином, проведене дослідження показало, що із субмікронного порошку заліза та лігніну можна синтезувати магніточутливі адсорбенти для різнозаряджених барвників. Додавання олеїнової кислоти на етапі підготовки суміші до піролізу суттєво підвищує адсорбційну ємність адсорбента щодо кислотних барвників.

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

**ПРОГНОЗУВАННЯ МІГРАЦІЇ ОКСИДІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ҐРУНТОВОГО
СЕРЕДОВИЩА У ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ**

Національний університет «Львівська політехніка»,

79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; katelyna.i.petrushka@lpnu.ua

Abstract. Heavy metals enter the soil in the form of oxides and salts (both soluble and almost insoluble in water). It is assumed that heavy metal oxides are primarily fixed in the solid phase of the soil, especially in a neutral or alkaline pH environment. It should be noted that their toxic effects are fully dependent on factors such as soil type and pH of the pore solution. The behaviour of heavy metals in soils differs significantly from that of most macronutrient cations.

Військові злочини проти навколишнього середовища стосуються не лише заподіяння шкоди природі. Війна може спричинити багато ранніх смертей у майбутньому через забруднену воду, землю, повітря тощо. Внаслідок вибухів у повітря викидаються шкідливі речовини, які через те, що вони не затримуються в повітрі тривалий час, надходять у вигляді опадів і накопичуються в ґрунті. Крім того, території, забруднені вибухівкою та заміновані території, будуть загрозою протягом десятиліть. Забруднення родючого ґрунту та гірських порід є результатом багатьох деструктивних процесів, включаючи розрив оболонки, витік забруднюючих і небезпечних речовин із пошкоджених резервуарів та відходів унаслідок руйнування дамб поля фільтрації, руйнування очисних або гідротехнічних споруд. Внаслідок масової загибелі людей і тварин трупною отрутою забруднені ґрунт і підземні води. Усі ці екологічні катастрофи призводять до потрапляння хімічних речовин у ґрунт. Один із найнебезпечніших способів впливу на властивості ґрунту є військова діяльність. Порушення ґрунту, спричинені бойовими діями, в основному бувають трьох типів – фізичні, хімічні та біологічні. Фізичні порушення ґрунту включають ущільнення внаслідок будівництва оборонної інфраструктури, риття траншей або тунелів, ущільнення через рух техніки та військ або утворення кратерів бомбами. Важливо відмітити, що вміст важких металів у ґрунті суттєво впливає на рослини. Хімічне забруднення внаслідок воєнних дій треба розглядати з 3-х позицій: забруднення потенційно токсичними елементами, вибуховими речовинами та іншими елементами. Хімічні речовини, що використовуються в боєприпасах і вибухових речовинах, представляють собою довгий список органічних і неорганічних речовин, які можна розділити на: потенційно токсичні елементи (ПТЕ), енергетичні сполуки (ЕС) і бойові хімічні речовини (БХР). ПТЕ з постраждалих від війни територій – це в основному Pb та його супутні забруднювачі, включаючи сурму (Sb), хром (Cr), миш'як (As), ртуть (Hg), нікель (Ni), цинк (Zn) і кадмій (Cd). Вибухові речовини містять величезну кількість Pb і Hg, зокрема фульмінат ртуті (II). Zn, Cu, Ni, Pb і Cr використовуються для покриття куль, ракет, стволів гармат і військових транспортних засобів. Ba, Sb і W є зарядними сполуками для зброї, а вольфрам (W) використовують для кінетичне бомбардування через його високу густину (19,3 г/см³). Після попадання в навколишнє середовище більшість ПТЕ в боєприпасах окислюється під впливом повітря, решта потрапляє в ґрунт, де проходить різні хімічні процеси. Вибухи ракет і артилерії створюють безліч хімічних сполук: оксид і діоксид вуглецю (CO і CO₂), оксиди азоту (NO та NO₂), формальдегіди, пари ціаніду водню (HCN), азот (N₂) і навантаження токсичної органіки. Вони також викликають підкислення ґрунту, деревини, корозії металевих конструкцій, таких як наприклад мости. Після вибуху ці сполуки повністю окислюються, а продукти реакції викидаються в атмосферу. Металеві осколки снарядів також не є абсолютно безпечними для навколишнього середовища. Чавун у суміші зі сталлю є найпоширенішим матеріалом для гільз для боєприпасів і містить не тільки звичайне залізо та вуглець, але також сірку та мідь. Ці речовини потрапляють у ґрунт і можуть дрейфувати в підземні води, зрештою проникаючи в харчові ланцюги, впливаючи на людей і тварин. У менших масштабах забруднення також може бути спричинене горінням військової техніки, транспорту, літаків та іншого військового обладнання. Зважаючи на багаточисельні дослідження вчених всього світу про вплив важких металів на ґрунтовий покрив і його відновлення, для України, яка має найбільший запас чорноземних ґрунтів, яка і під час війни постачає зерно в країни, які потерпають від голоду - основна задача це відновлення родючості ґрунтів через масштабне військове вторгнення росії. Тому дослідження впливу оксидів важких металів на ґрунтовий покрив внаслідок військових дій є актуальною задачею.

Відбір проб ґрунту проводився на постраждалих від війни територій України. Відповідно до стандартів відбору проб для аналізу з метою виявлення іонів важких металів проби відбирались пластиковим шпателем. Проби поміщали в пластиковий (непрозорий) герметичний контейнер. Відбір

проб на кожному з рівнів проводили по концентричних колах, кількість проб, відібраних з кожного рівня по концентричним колам – 4 проби, для можливості усереднення експериментальних даних. Цей метод відбору проб ґрунту дозволяє отримати наступну інформацію: концентрацію речовин не тільки в осередку вибуху, а і по висоті вирви; розподіл забруднення ґрунту в залежності від глибини воронки (рис. 1).

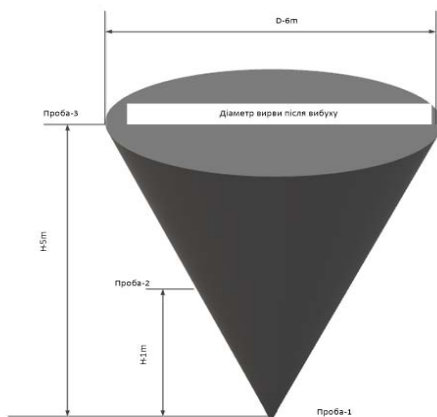


Рис. 1. Схема відбору проб з вирви після вибуху.

Перед дослідженням багатоелементного складу проби ґрунту рівномірно розкладають на фільтрувальному папері і висушують на повітрі 1 добу при кімнатній температурі. Потім проби ґрунту подрібнюють в фарфоровій ступці і просіюють через сито з отвором діаметром 250 μm . Порошкоподібні зразки ґрунту поміщали в герметичний пластиковий контейнер для подальшого аналізу. Хімічний склад зразків ґрунту визначали методом дисперсійної рентгенівської флуоресценції (XRF) за допомогою аналізатора (Thermo Scientific ARL QUANT'X, Швейцарія, програмному забезпеченні WinTrace).

Кожна війна чи навіть військові навчання залишають «хімічний слід» на ґрунті. Ґрунти втрачають родючість через зміну фізичних, хімічних та фізико-хімічних властивостей при потраплянні у них важких металів. За даними фахівців, під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюються чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, закис азоту, діоксид азоту, формальдегід, пари ціанистої кислоти, азот, а також велика кількість токсичної органіки. Ґрунтознавці відзначають систематичне перевищення в 6-8 разів показників ртуті, цинку та кадмію. На місцях обстрілів фіксують високий вміст міді, нікелю, свинцю, фосфору та барію. Ці тенденції помічають ще з початку війни на Сході України у 2014 році, в місцях бойових дій в сотні разів перевищені гранично допустимі концентрації свиню, наявні також стронцій та титан, які нехарактерні для ґрунтів у значних кількостях. Зрозуміло, що вирощувати будь-що на таких ґрунтах буде неможливо протягом довгого часу. Забруднення важкими металами може відгукуватись не один десяток років. Наприклад, кулі можуть вивільняти свинець, який потім поглинатимуть рослини. Свинець, розподілений у різних фракціях ґрунту, спочатку може бути інертним, але потім стає реакційноздатним через зміну умов ґрунту (наприклад, рН, вологість). Окрім свинцю, із залишками зброї у ґрунт потрапляють такі метали як хром (Cr), миш'як (As), ртуть (Hg), нікель (Ni), цинк (Zn) і кадмій (Cd). Зважаючи на всю серйозність та небезпеку ситуації, що склалася, в Україні науковці вже шукають шляхи вирішення проблеми забруднення ґрунтів внаслідок війни. Фахівці зайняті розробкою інструментарію та механізмів, впровадження яких дозволить мінімізувати наслідки воєнних дій у подальші роки. Проведені нами дослідження проб ґрунту після вибуху крилатих ракет свідчать про значний антропогенний вплив на ґрунтове середовище, що відповідно буде негативно впливати і на довкілля.

АВДІЄНКО І.А. ЮРЧЕНКО В.О. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)
**ВИКИДИ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК І ЗОКРЕМА ФОРМАЛЬДЕГІДУ З
МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУД**

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 61002,
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, Україна, irinaavdienko99@gmail.com*

Abstract. Pollutant emissions from wastewater treatment facilities have become a topic of increased interest given its significant impact on the overall climate footprint of wastewater treatment plants. This work assesses the current state of atmospheric air pollution with volatile organic pollutant especially formaldehyde and on the border of the sanitary protection zone of treatment facilities. The results of the study showed a significant excess of formaldehyde concentration.

Міські очисні споруди, призначені для очищення, знешкодження та знезараження стічних вод, чинять інтенсивне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, нерідко стаючи джерелом значущої екологічної небезпеки для міських регіонів. Більша частина наукових досліджень у сфері вирішення проблеми забруднення атмосферного повітря викидами від очисних споруд звертає увагу на викиди саме парникових газів. Але не менш важливими та екологічно небезпечними є гази – органічні сполуки карбону, які значно підвищують руйнування озонового шару порівняно з вуглекислим газом (CO₂).

Леткі органічні речовини (ЛОС) – це суміш широкого класу органічних сполук, що включає вуглеводні, альдегіди (зокрема формальдегід), спирти, кетони та ін. І саме ЛОС можуть бути вторинним джерелом утворення формальдегіду в атмосферному повітрі в результаті комплексу фотохімічних реакцій. Серед ЛОС особливо екологічно небезпечним є формальдегід (CH₂O) – газоподібна сполука 2 го класу небезпеки. Відповідно до Регламенту ЄС та Міжнародного агентства з вивчення раку ВООЗ формальдегід є канцерогеном першої групи. Такі канцерогенні речовини чинять значний негативний вплив на здоров'я, оскільки не мають порогу шкідливої дії, і незначна кількість молекул канцерогенної речовини може призвести до порушення стану здоров'я людини.

При підвищеному вмісті цієї сполуки у повітрі виникає характерний їдкий запах, розвивається подразнення слизових очей, носа та дихальних шляхів, а у хворих астмою можуть погіршуватися симптоми захворювання. У великих концентраціях формальдегід може збільшувати ризик розвитку раку носової пазухи. При тривалому впливі помірних концентрацій формальдегіду (у концентраціях, які призводять до подразнення слизових) можуть розвиватися респіраторні проблеми та виникати алергічні прояви. Дитячий організм ще більш чутливий до шкідливого впливу цієї сполуки.

Вплив формальдегіду на організм людини: низький рівень (менше 40 мкг/кг) характеризується відсутністю очевидних проявів; помірний рівень (40-100 мкг/кг) може призводити до респіраторних проблем, наприклад, кашлю, хрипів, алергених проявів; високий рівень (>100 мкг/кг) викликає подразнення очей, слизових носа та горла та більш значні проблеми з дихальною системою.

Високі концентрації формальдегіду в повітрі великих міст світу останнім часом стають серйозною проблемою. В Україні рівень забруднення атмосферного повітря формальдегідом значно перевищує ГДКс.д. (0,003 мг/м³).

На очисних спорудах формальдегід не тільки надходить у складі стічних вод, але й формується при фотоокисленні різноманітних органічних сполук біологічного походження, наприклад алканів, алкенів, альдегідів, спиртів, ароматичних сполук, диметилсульфіда та інших. Тому вміст формальдегіду в атмосферному повітрі буде залежати від кількості і різноманіття ЛОС.

Варто зазначити, що викиди від процесу очищення стічних вод та обробки осаду характеризуються високим вмістом метану. Незважаючи на низьку реакційну здатність метану, високий вміст в атмосферному повітрі роблять його важливою рушійною силою в атмосферній фотохімії формальдегіду. Наукові джерела відмічають, що такі фактори, як висока температура, інтенсивність сонячного випромінювання та збільшення концентрацій вільних радикалів, оксидів азоту, озону, біогенних прекурсорів, викликають збільшення утворення CH₂O саме в літній сезон. Таким чином, рівень вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі над очисними спорудами можна розглядати як сукупність його утворення з первинних та вторинних джерел. Основними первинними джерелами емісії формальдегіду та летких органічних сполук в атмосферу на очисних спорудах є аераційні басейни біологічної очистки стічних вод, камери перемішування, відкриті буферні резервуари, відстійники, обладнання для флокуляції та сепаратори.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Мета роботи – оцінка сучасного стану забруднення атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони міських очисних споруд леткими органічними сполуками та зокрема формальдегідом.

Об'єкт дослідження – викиди газоподібних органічних речовин в атмосферне повітря від промайданчика очисних споруд м.Харкова.

Методи дослідження – електрометричні вимірювання концентрації ЛОС та формальдегіда в атмосферному повітрі за допомогою мультифункціонального газоаналізатору FINETIME FT-JQ-002.

Досліджувані міські очисні споруди водовідведення здійснюють прийом і повну біологічну очистку стічних вод, які надходять від населення і виробничих підприємств, та обробку осадів стічних вод. Санітарно-захисна зона встановлена від межі майданчика споруд згідно п.5.4 ДСП 173-96 розміром: 300 м у південному напрямку; 425 м у південно-західному напрямку; 625 м у західному напрямку.

В ході роботи були проведені натурні вимірювання концентрацій летких органічних сполук та формальдегіду на межі санітарно-захисної зони. Точки відбору проб були обрані з урахуванням річної повторюваності напрямку вітру та найбільшої наближеності до житлової забудови. Результати вимірювань наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на межі СЗЗ

Забруднюючі речовини	ПвСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	ПДК м.р., мг/м ³
Органічні сполуки, мг/м ³	7.952	7.516	0.057	0.099	0.001	0,1
Формальдегід, мг/м ³	1.017	0.952	0.005	0.009	0.001	0,0035

Як видно, проведені вимірювання показали надзвичайне (майже в 80 разів) перевищення максимально разової гранично допустимої концентрації ЛОС в двох пробах атмосферного повітря на кордоні санітарно-захисної зони (напрями ПнСх і Сх). В чотирьох з п'яти проб спостерігається перевищення ГДК в атмосферному повітрі на кордоні СЗЗ за формальдегідом. Причому по напрямках ПнСх і Сх це перевищення максимальне і досягає майже 300 разів.

Первинне виділення формальдегіду та органічних сполук відбувається в результаті деструкції органічних речовин, причому переважно на ділянках анаеробної обробки стічних вод. Проаналізувавши наявні джерела викидів на досліджуваному майданчику очисних споруд можна стверджувати, що до ділянок з анаеробними умовами належать такі споруди, як приймальна камера, піскоуловлювач, первинні відстійники та мулоуцільнювачі.

Для усунення негативних наслідків утворення шкідливих газів на очисних спорудах необхідно провести низку заходів щодо очищення повітря. В якості найефективнішого методу вирішення проблеми забруднення атмосферного повітря міських регіонів екологічно небезпечними викидами, що утворюються при очищенні міських стічних вод, пропонується повне перекриття відкритих поверхневих джерел викидів з анаеробними умовами обробки стічних вод та відведенням газоповітряної суміші на газоочисні установки. Цей метод широко використовується закордоном і довів свою ефективність в підвищенні рівня екологічної безпеки міських очисних споруд для атмосферного повітря. З урахуванням наявності високих концентрацій забруднюючих речовин та великих об'ємів емісії, рекомендується використання газоочисних установок каталітичного типу очищення.

ЖДАНЮК Н.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)
ОТРИМАННЯ СТАБІЛЬНОЇ ДИСПЕРСІЇ
НАНОЧАСТИНОК НУЛЬ-ВАЛЕНТНОГО ЗАЛІЗА
ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

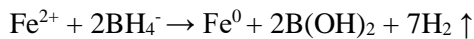
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
03057, проспект Берестейський, 37, Київ, Україна;
zhdanyukn.kpi@gmail.com

Abstract. The physicochemical features of the synthesis of nanomaterials based on montmorillonite and organomontmorillonite modified with nZVI have been studied. A study of the rheological properties of dispersions of the obtained materials was carried out. The possibility of their use in groundwater purification using modern environmental technologies has been demonstrated.

Нанорозмірне нуль-валентне залізо (nZVI) – це унікальний матеріал, який здатний вилучати із водних середовищ органічні та неорганічні токсиканти, у тому числі, навіть слідові кількості іонів важких металів та радіонуклідів. Матеріал має відносно низьку вартість, високу реакційну здатність та є сильним відновником, що значно розширює можливість його застосування. Єдиним недоліком матеріалу є здатність до агрегації та окиснення. Нанесення nZVI на поверхню глинистих мінералів дозволяє стабілізувати частинки заліза та значно підвищити сорбційні властивості композиту.

Метою нашого дослідження є отримання композитних сорбентів на основі глинистої сировини, що містять частинки nZVI, які можуть бути використані для вилучення іонів важких металів та радіонуклідів із водних середовищ та ґрунтів методом *in situ*.

Поверхню монтморилоніту модифікували гексадецилтетраамоній хлоридом (ГДТМА) у співвідношенні КОЄ/ПАР = 0,1. Отриманий зразок позначили - ОММТ. Підготовані таким чином зразки без відмивання ПАР змішували з розчином FeSO₄ та відновлювати надлишком NaBH₄ при постійному перемішуванні. Відновлення заліза на модифікованій поверхні органомодифікованого монтморилоніту відбувається за реакцією:



Для вивчення властивостей сорбенту були синтезовані зразки з різним вмістом заліза у яких співвідношення nZVI до ОММТ по масі склали: 1:0,01, 1:0,025, 1:0,1 та 1:0,2 (зразки позначені відповідно nZVI-ОММТ (0,01), nZVI-ОММТ (0,025), nZVI-ОММТ (0,01) та зразок nZVI-ОММТ(0,2)).

Рентгенографічні дослідження вихідних і модифікованих зразків проводили за допомогою дифрактометра ДРОН-4-07 в діапазоні 1 – 60°(2θ) із використанням CuK α-випромінювання. На дифрактограмах зразка nZVI та nZVI-ОММТ фіксуються рефлекси при 2θ від 44,8° і 35,8°, що вказує на присутність в зразках nZVI (α-Fe), а також оксиду (FeO) гідроксиду (FeOOH) заліза при менших значеннях 2θ.

ІЧ-спектроскопічні дослідження зразків проводили на фур'є-спектрометрі Spectrum-One (Perkin-Elmer) в області 4000–450 см⁻¹ при двадцятиразовому скануванні. В ІЧ-спектрах залізовмісного сорбенту окрім основних характеристичних смуг монтморилоніту, з'являються нові смуги при 2921 см⁻¹ і 2852 см⁻¹, які відповідають групам (-CH₂-) алкільних ланцюгів молекул ГМДМА нові смуги при 625 см⁻¹, що є характерними для валентних коливань Fe–O.

ТЕМ дослідження показали, що частинки заліза одержані на поверхні монтморилоніту утворюють сферичні агрегати з первинних наночастинок і мають розподіл розмірів у межах 20-80 нм. nZVI на поверхні монтморилоніту фіксується у вигляді як окремих агрегатів, так і зв'язується у ланцюги.

Рівноважну концентрацію іонів Cr(VI), Co(II) та U(VI) визначали спектрофотометричним методом (UNICO 2100UV). Перевірка ефективності розробленого сорбенту на модельних водах з вмістом іонів Co(II), Cr(VI) та U(VI) вихідною концентрацією 1 мг/дм³ при рН=7 свідчить, що у всіх випадках вилучення токсикантів досягає норм ГДК.

Результати сорбційних досліджень приведені на рис. 1.

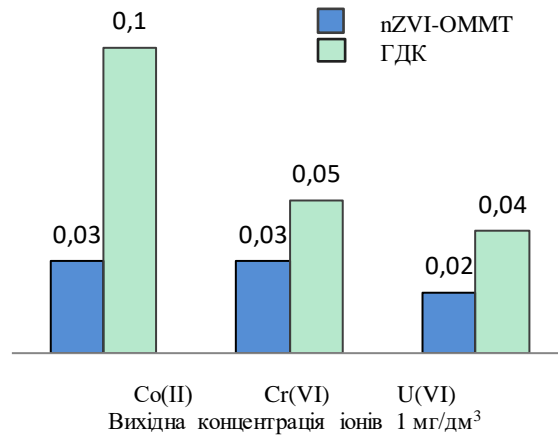


Рис. 1. Порівняння залишкових концентрацій іонів Co(II),Cr(VI) та U(VI) з ГДК, мг/дм³ після очищення вод синтезованим залізовмісним сорбентом із ГДК

Результати реологічних досліджень приведені на рис. 2. Для аналізу одержаних результатів була використана реологічна модель Шведова-Бінгама.

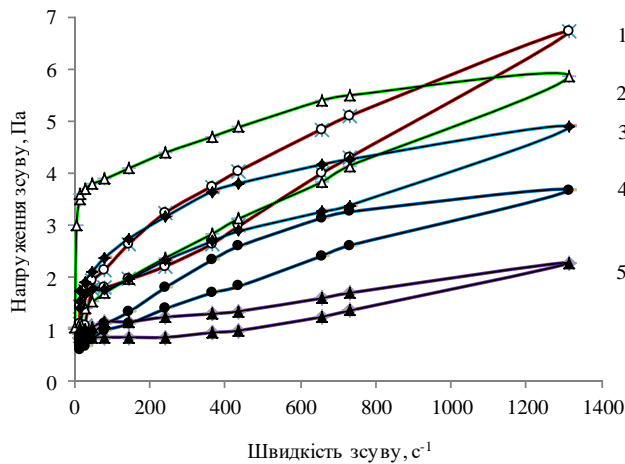


Рис. 2. Реологічні криві течії дисперсій на основі монтморилоніту:
1 –ОММТ; 2 – nZVI-ОММТ (0,01); 3 – nZVI-ОММТ (0,025); 4 – nZVI-ОММТ (0,1); 5 – nZVI-ОММТ (0,2)

Аналіз даних показує, що як у дисперсіях ОММТ, так і в водних дисперсіях nZVI-ОММТ формуються тиксотропні коагуляційно-конденсаційні структури, які характеризуються достатньо високими значеннями структурно-механічними властивостями. Такі суспензії залишаються псевдопластичними, що забезпечує їх надійне закачування у стінові свердловини проникних реакційних бар'єрів та використовувати їх для знешкодження забруднених підземних вод in situ.

Таким чином, в результаті проведених досліджень отримано залізовмісні матеріали на основі органофілізованого монтморилоніту, що здатні вилучати іони Cr(VI), Co(II) та U(VI) з водних середовищ. Доведено, що водні дисперсії одержаного матеріалу залишаються агрегативно і седиментаційно стійкими при вмісті заліза у твердій фазі до 2,4 %, що дає можливість використовувати його у новітніх природоохоронних технологіях, оснований на закачуванні водних дисперсій наноматеріалу у забруднені шари ґрунту.

**SHEVCHENKO A.¹ (POLAND, GDANSK), MIASOIEDOV O.² (ENGLAND, HIGH WYCOMBE), SHEVCHENKO T.³ (UKRAINE, KHARKIV)
ANAEROBIC DIGESTATE DEWATERING EFFICIENCY STUDY BY APPLYING
ADVANCED SLUDGE CONDITIONING METHODS**

¹ LPP S.A., ul. Łąkowa 39/44, Gdańsk, Poland, 80-769; andrii.a.shevchenko@gmail.com

² 30 Abbey Barn Road, High Wycombe, England, UK, HP10 9TN; miaso.keo@gmail.com

³ O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, UKRAINE, Marshal Bazhanov str., 17, Tamara.Shevchenko@kname.edu.ua

Abstract. On the basis of experimental studies, the paper proposes to choose an appropriate process for processing digestate formed from food waste in order to solve the problem of increasing the amount of digestate formation at biogas plants. The technology includes several stages of dehydration of the digestate, its further processing with the help of membranes and obtaining final products that can be sold as a commercial product.

Anaerobic digestion plants which are used for generation of biogas face a huge problem utilizing the main byproduct – digestate. Treatment of such sludge is complicated and inefficient, and generation quantities are high. Anaerobic digestion plants which use food waste as a feedstock suffer the most, as physical and chemical properties of such digested make it almost impossible to treat.

The aim of the study is to select an appropriate treatment process for digestate generated from the food waste to solve the problem of increasing amount of digestate generation at biogas plants.

The studied treatment processes includes:

- mechanical pretreatment using screw press,
- chemical conditioning (using flocculants and coagulants dosing),
- mechanical dewatering using multi-disc technology (with multi-disc screw press Esmil MDQ),
- two stages of membrane separation (utilising Reverse Osmosis RO membranes, Vibratory Shear Enhanced Process (VSEP), Zwitterionic membranes).

Sludge was pre-treated with the screw press to remove fibres, straws or any coarse solids which could interrupt the trial runs by clogging pipes or pumps. Before starting the trial runs, pH and solid content measurements were carried out (table 1); these parameters were required for presetting equipment and process before first run.

Table 1

Initial feed parameters

pH	Dry solids (DS), %	Total dissolved solids, (TDS), %	Total suspended solids (TSS), %	Notes
7.72	4.07	3.26	0.810	High Viscosity

The purpose of the technological solution is to separate the solid phase from the sludge and purify the liquid phase to achieve water quality in accordance with local sanitary standards for discharge. The solid phase will be a subject to be utilised as a dry fertiliser which is easy to store and transport; part of the liquid phase will be reused in the treatment process, the other part will be suitable for discharge to the sewage system, water bodies or reuse in the fermentation process or for other technological or technical purposes.

In order to achieve the goals of the project in the most cost-effective way, a special hybrid process was developed that combines the methods of physical and chemical concentration and separation of liquid and solid phases, mechanical dewatering of the solid phase, and two-stage membrane purification of the liquid fraction (filtrate).

Depending on the need, the process can include only part of the stages of the whole process and be individually adopted for a specific site.

According to the process, anaerobic digestate is fed to a highly efficient chemical reactor, where it is flocculated to separate solid and liquid phases by adding small amounts of coagulant and flocculant. The viscosity of the sludge is excessively high for the conditioning process to take place, so the stream will be preliminary diluted before the reagents are added.

Next, the flocculated sludge is fed to a multi-disc dewatering press for mechanical separation of the solid phase from the liquid and its dewatering. The DS content in dewatered solid phase (cake) reaches 10-35% depending on the quality of the flocculation, digester, and the feedstock. Typically, cake is suitable for storage, packaging, and transportation as a dry fertilizer (table 2).

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

The filtrate (liquid phase) is collected separately and fed to the next stages of membrane separation. The first stage of separation takes place on either a special zwitterionic (ZI) membranes or vibrating membrane VSEP, which separate the remaining TSS and some other substances (including TDS for VSEP option) from the filtrate and make it suitable for further separation on reverse osmosis membranes (RO). RO is capable of separating and concentrating all DS including TDS (inorganic salts, including ammonia) and organic compounds. The RO permeate is of high quality and can be recycled and reused for almost any purpose or simply discharged to a water course or a sewer system. It can contain residual concentrations of ammonium though it also can be reused for the purpose of diluting the raw material before digestion.

Table 2

Conditioning and dewatering run results

No	Parameter	Value
1.	TSS in the filtrate	1.50 g/l
2.	DS in initial sludge	4.07 %
3.	DS in the cake	14.7 %
4.	Dilution factor	1:1
5.	Flocculant consumption	14.9 kg/tDS
6.	Coagulant consumption	6.8 l of 40% FeCl ₃ /m ³
7.	MDQ-201 capacity	16.1 kgDS/h
8.	Hydraulic capacity (by initial sludge)	0.4 m ³ /h

The concentrate from membrane separation stages can be used as a liquid fertiliser and supplied to nearby farmers (to reduce transportation costs), while the dry cake can be stored or transported over longer distances.

Thus, to provide a zero discharge process and achieve sustainable goals, part of the filtrate will be used to dissolve the original sludge, which will increase the efficiency of conditioning and reduce the consumption of reagents; RO permeate can be used for the preparation of flocculant and coagulant solutions and for the digestion process, cleaning purposes on farms, watering, etc. And the cake and concentrates can be reused as fertilisers.

As a result, the proposed process combines technologies which allow treating sludge in optimal and economical way to achieve the required quality by adding successive stages of membrane treatment. Study showed that multi-disc dewatering technology with proper pretreatment using screw press and highly efficient chemical conditioning can be effectively applied to a digestate generated from the food waste. To avoid using screw press for pretreatment, roller type multi-disc technology can be applied as an alternative.

The membranes can well reject the contaminants to achieve high specs treated water quality. All the contaminants/organics/inorganics are separated and concentrated by RO membrane system can be utilized as the organic fertilizer or soil conditioners (table 3).

Table 3

Treated Water Recovery

Recovery-% (VSEP+RO)	Recovery-% (ZI+RO)	Recovery-% (ZI+RO1+RO2)
74	82	77

After each run, the membranes were tested for the clean water flux and rejection efficiencies. The cleaning regime applied regained the flux and post run rejection tests show no signs of loss of the rejection characteristics. This suggests the feed didn't have any adverse effects on the membranes.

СМИК І.Є., АРХИПОВА Л.М. (УКРАЇНА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬК)
**ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ В ТУРИСТИЧНИХ
РАЙОНАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15*

Abstract. With the rise of tourist activity, the importance of sustainable resource management becomes increasingly relevant. This is especially true for water supply in regions with seasonal visitor peaks. Modern "green" technologies offer solutions for optimizing water usage, aimed at reducing the environmental impact of tourist activities while ensuring a steady water supply. This paper examines the use of such technologies as rainwater harvesting systems, biological purification, and water-saving devices in the context of tourist areas.

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін і росту туристичної активності особлива увага має приділятися водним ресурсам. Водний баланс стає ключовим фактором, що впливає на сталість екосистем і якість життя місцевого населення. Зелені технології в сфері водопостачання і водовідведення демонструють інноваційний підхід до збереження водних ресурсів, їх ефективного використання та зменшення навантаження на довкілля.

Традиційне водокористування, особливо в районах із зростаючою туристичною активністю, може призвести до перевантаження місцевих водних систем, зменшення якості питної води, втрати біорізноманіття та забруднення поверхневих вод. Це стає причиною екологічного дисбалансу та негативно впливає на репутацію туристичних районів.

Івано-Франківська область з її гірськими ландшафтами, лісами та мінеральними джерелами є привабливою для туристів. За даними Гідрометцентру, область отримує середньорічно більше 800 мм опадів, а на території Карпатських гір їхня кількість збільшується і може становити 1400 мм, проте вони розподілені нерівномірно протягом року. У спекотні літні місяці, коли туристичний потік досягає піку, може виникнути дефіцит води. Також існує проблема її якості в населених пунктах з великою кількістю гостей.

Динаміка кількості опадів по місяцях за 2021 рік відображена на рис.1.



Рис.1. Середня кількість опадів в Івано-Франківській області за місяцями Складено на основі джерела

Отже, розподіл опадів в Івано-Франківській області підкреслює важливість ретельного планування водопостачання. Протягом зимового періоду гідрологічні умови Івано-Франківської області відзначаються різкою зміною кількості опадів: у січні фіксується 212 мм, тоді як у лютому цей показник зростає до 389 мм. Весняний період характеризується піковими показниками, де березень виявляється найбільш насиченим з 927 мм. Квітневий гідрограф демонструє 512 мм опадів, і в травні ця цифра досягає 871 мм.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

Літній період починається із червневих 592 мм опадів, проте в липні показник становив 1686 мм, що може вказувати на аномальні гідрометеорологічні явища, такі як зливи чи грози. У серпні зафіксовано зниження до 407 мм, що свідчить про тимчасову стабільність гідрологічного режиму. Осінні місяці розпочинаються з 400 мм опадів у жовтні, а вже в листопаді кількість опадів збільшується до 920 мм.

Такий розподіл опадів свідчить про наявність великої кількості водних ресурсів в Івано-Франківській області, які можуть бути ефективно використані для туристичних потреб, особливо враховуючи новітні технології збору та зберігання дощової води.

Враховуючи ці показники, рекомендується:

- розробити системи збору дощової води для використання протягом сухих періодів;
- впровадити сучасні технології фільтрації та очищення води з метою зменшення забруднення і повторного використання води для потреб в туристичній діяльності;
- адаптувати місцеву інфраструктуру до мінливих гідрологічних умов.

Дощова вода, яка часто сприймається як завада, може стати цінним ресурсом для регіонів з нестабільним водозабезпеченням. Для Івано-Франківської області, де основні опади концентруються в весняно-літній період, системи збору дощової води можуть служити ключовим елементом у підвищенні ефективності використання водних ресурсів.

Для реалізації такої системи потрібно впровадити належне планування, яке включає в себе встановлення спеціалізованих резервуарів, фільтруючих систем та мереж розподілу. Також важливо зосередити увагу на розміщенні цих систем у місцях, де максимальна кількість води може бути зібрана і використана ефективно.

Якість води є пріоритетом для здоров'я туристів. У контексті збільшення об'ємів дощової води в Івано-Франківській області, особливо важливо забезпечити, щоб ця вода була безпечною для споживання. Серед новітніх технологій можна виділити мембранні методи, активоване вугілля та біологічне очищення. Використання цих технологій у комбінації зі збором дощової води може допомогти забезпечити високий стандарт якості води.

Водні ресурси - це динамічний компонент, який може значною мірою впливати на розвиток регіону. Враховуючи гідрологічні особливості Івано-Франківської області, сучасна туристична інфраструктура повинна бути гнучкою, щоб адаптуватися до різних гідрологічних умов. Така адаптація може включати в себе впровадження зелених дахів, систем перерозподілу води та підземних резервуарів для зберігання води. Це допоможе регіону краще готуватися до різних погодних умов і забезпечити надійне водопостачання.

Таким чином, вивчення гідрологічних особливостей Івано-Франківської області показало, що для цього туристичного регіону важливе забезпечення надійного водопостачання та ефективного водовідведення. Для вирішення цих завдань можна застосувати сучасні зелені технології. Вони допоможуть не тільки оптимізувати використання водних ресурсів, але й зберегти природне середовище для місцевого населення та гостей області. Такий підхід підкреслює стратегічне бачення регіону щодо екологічної відповідальності та стійкого розвитку.

ZHUKOVA V., SABLII L. (UKRAINE, KYIV)

**IMMOBILISATION OF MICROORGANISMS AS A KEY SOLUTION FOR
WASTEWATER TREATMENT OF BATCH FACILITIES**

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

37, prosp. Peremohy, 03056, Ukraine

Abstract. Today, frequent crisis situations in both cities and industrial enterprises due to military aggression require new approaches to the operation of wastewater treatment plants, including the shutdown and re-launch of biological treatment facilities. Shutdowns of treatment plants may also be caused by seasonality of operation, due to the availability of raw materials only during certain periods of the year (e.g., skins in the spring-summer-autumn period at tanneries, or vegetables in the summer-autumn period at canneries, or periodic operation of resorts, etc.) The problem is exacerbated by military operations (destruction of energy facilities, interruption of electricity supply, and thus suspension of biological treatment facilities, death of activated sludge microorganisms, loss of part of the activated sludge due to wastewater discharge, etc.) If the inflow of contaminated wastewater has stopped, but the treatment plant continues to operate, this leads to the death of microorganisms in the aerotanks (biofilters), and the re-launch and recovery of the facilities will require a significant amount of time and cost to reproduce activated sludge (biofilm). In addition, the minimal amount of biomass is usually not able to oxidise pollution after restarting, which leads to a decrease in the quality of treated wastewater discharged into water bodies. Therefore, to restore biomass performance, activated sludge from other efficiently operating treatment plants is often used, which leads to significant technical and economic costs (to ensure a dose of activated sludge of 3 g/dm³ for a 1000 m³ aeration tank, at least 3 tonnes of activated sludge is required).

The aim of the study is to establish the possibility of recovering the performance of biological wastewater treatment facilities after a long shutdown without additional activated sludge input.

The goal of a control strategy is to maintain optimal operating conditions to ensure that the desired microbial communities are maintained and have the necessary metabolic characteristics to ensure optimal biological oxidation. Even during transient periods of operation, such as system shutdowns and start-ups, strategies that maintain biomass are considered crucial to restore effective biological wastewater treatment during system start-up. To solve the problem of maintaining the adapted composition of activated sludge during plant shutdown, the use of artificial media for biomass immobilisation was investigated. During the two years of operation of the semi-production plant for biological wastewater treatment using immobilised microorganisms at the malt plant, two shutdowns were carried out in October-November and start-ups were carried out after the winter period. The air temperature drop during the winter period reached -10 to -32°C. During the shutdown period, the plant was freed from wastewater and circulation pumps, but the immobilised biomass carriers were left open in the bioreactors (for air drying). The plant was restarted for 35 and 48 days, respectively, until the treated wastewater was produced in accordance with the requirements for discharge into the river.

The hydrobiological analysis of microorganisms confirmed their ability to periodically work with the restoration of vital activity under conditions of being in a dry state during the shutdown of the treatment plant and even after testing at low temperatures (-30 - -32°C). Among the hydrobionts, there were sarcoderma, variously shaped and abdominal ciliates, circular ciliates, and rotifers, which indicates the presence of organisms of different trophic levels. The treatment plants with immobilised microorganisms are capable of intermittent operation, and the formed and preserved biocenosis is resistant to recovery and quick start-up even at rather low winter temperatures. The objectives of further research will be to establish the technological modes of operation of facilities with immobilised microorganisms during the period of shutdown, shutdown and restart and to optimise processes during this period to minimise its duration and save material and financial costs.

ЧЕРНИКОВ О.В.¹, МОІСЄЄВ О.В.² (УКРАЇНА, ХАРКІВ)

**МОЖЛИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ
ФІЛЬТРПРЕСІВ ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД**

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

61002, вул. Я.Мудрого, 25, Харків, Україна; cherni@khadi.kharkov.ua

²Науково-виробниче підприємство - Східна Україна

61036, вул. Мухачева 1а, Харків, Україна; nrk-vi@ukr.net

Abstract. The paper describes the results of developing the design and automated control system of filter presses for dewatering sludge of various suspensions. The most difficult task is to determine the time required to fill the filter chamber with filtered sludge. A large number of experiments with different types of suspensions have been carried out in order to compile an appropriate mathematical model. The regularities of the filtering area decrease in each chamber in the process of its filling with sludge were determined, which made it possible to propose a method of determining the filtering time.

Осади стічних вод промислових та комунальних очисних споруд в значній кількості випадків ще й зараз спрямовують в так звані шламонакопичувачі, чим наносить велику шкоду навколишньому середовищу.

Для зменшення шкоди використовують зневоднення таких осадів за допомогою фільтрів або центрифуг різноманітної конструкції. Серед цих машин найбільш ефективними слід визнати фільтрпреси. Це пов'язано з тим, що тверда фаза таких осадів має дуже велику дисперсність і створює при зневодненні осадки з надто значним гідравлічним опором. Тому при зневодненні потрібна достатньо велика рушійна сила процесу, тобто перепад тиску на фільтруючий тканині.

Сучасні фільтрпреси можуть вести процес зневоднення під тиском до 1,6 МПа та більше, якщо це потрібно. Крім того, фільтрпреси можуть використовувати фільтруючі тканини такої щільності, яка забезпечить отримання фільтрату потрібної чистоти. Також на цих машинах можливо пресувати відфільтрований осадок, що забезпечує мінімально можливу для даного конкретного продукту його вологість.

Досить важливо й те, що сучасні фільтрпреси можуть мати достатньо велику фільтруючу поверхню, і нема потреби встановлювати більш двох або трьох їх одиниць.

Відомо, що фільтрувальні властивості суспензій в загальному, а осадів стічних вод в особливості, залежать від цілої низьки факторів, і хоч існує безліч математичних моделей, які розроблені для опису процесу фільтрування, для їх використання потрібне проведення фільтрувальних тестів з метою встановлення констант, які до них входять.

Тому в кожному конкретному випадку для обґрунтованого вибору технічних характеристик фільтрпреса необхідно виконання вказаних тестів на моделюючій установці. Це найбільш актуально для осадів стічних вод, так як тут ще потрібно підібрати відповідну обробку осада реагентами (флокулянтами або коагулянтами).

Але, як зрозуміло тим, хто знайомий з роботою фільтрпресів, це обладнання є в певній мірі так званий «чорний ящик», так як під час роботи нікому не відомо, що саме відбувається в його камерах, на скільки вони вже заповнені осадком і коли вже можливо закінчувати фільтрування. Помилка в цьому питанні призводить в кращому випадку к втраті продуктивності, якщо тривалість фільтрування обрана більшою, ніж потрібно. В разі, якщо тривалість фільтрування обрана недостатньою, буде вивантажено надто вологий осадок, або взагалі рідкий шлам. Це створить значні труднощі для ділянки фільтрування. Тому встановлення вірної тривалості фільтрування в умовах, коли властивості продукту по тим чи іншим причинам змінюються, дуже актуальна.

Для того, щоб фільтрпрес працював в автоматичному режимі, недостатньо оснастити його системою автоматики, яка по заданій програмі буде вмикати та вимикати його вузли та механізми. Треба вирішити ще два завдання: встановлювати відповідну тривалість фільтрування в умовах реального технологічного процесу та забезпечити, щоб осадок вивантажувався без втручання операторів. Застосування існуючих математичних моделей для управління циклограмою фільтрпресів в таких умовах неможливо.

Відомо, що тривалість власне фільтрування залежить від квадрата товщини відфільтрованого осада. Тому для кожного конкретного продукту існує так звана оптимальна товщина осада, тобто така, яка забезпечує максимально можливу в даному разі продуктивність фільтрпреса, і при проектуванні фільтрпреса для конкретного осаду треба заздалегідь встановити та використати цей

параметр. Зробити це можливо тільки після проведення фільтрувальних тестів на відповідному обладнанні.

При цьому треба пам'ятати, що фільтрпреси - машини періодичної дії, тому при розрахуванні їх продуктивності треба приймати до уваги не тільки перебіг власне фільтрування, а також тривалість таких допоміжних операцій як просушування та вивантаження осадка. І чим менше тривалість цих операцій, тим більше буде продуктивність фільтрпресу. Не менш важливо при проведенні тестів правильно підібрати тип фільтруючої тканини.

«Науково-виробниче підприємство - Східна Україна» (далі «НВП-Східна Україна»), яке вже на протязі 24 років виробляє автоматизовані фільтрпреси ЧМ, має в своєму складі дослідну лабораторію, оснащену необхідними моделюючими установками, які дозволяють проводити фільтрувальні тести, як під час вибору фільтрпреса, так і для вивчення особливостей процесів фільтрування.

Саме фахівці цієї лабораторії з'ясували, що по мірі заповнення камер фільтрпреса осадком межі між його поверхнею та осадом, що зневоднюється, зменшується від початкового значення, яке дорівнює поверхні фільтрування, до нуля, коли камери повністю заповнені. Відповідно зменшується зусилля, яке розпирає фільтрувальні плити. Відстеження цього параметру дозволило визначити час припинення фільтрування. На це рішення було отримано патент України на винахід.

Також були знайдені рішення для скорочення часу вивантаження осадку та зменшення адгезії його до фільтруючої тканини.

Фахівці «НВП-Східна Україна» мають великий досвід, за час існування підприємства в лабораторії виконано більш ніж 300 дослідів, на базі яких приймалися рішення по технічним характеристикам фільтрпресів для різних замовників. Але при цьому встановлено, що використання аналогій під час прийняття рішень дуже небезпечно, так як осадки схожих виробництв можуть мати неоднакові властивості.

Достатній рівень компетентності фахівців лабораторії, а також конструкторів, які розробляли кресленики, дозволяли запобігати проблем при введенні фільтрпресів ЧМ в роботу, та скорочувати періоди налагоджування їх на підприємстві замовника.

За минулі роки завдяки своїм технічним особливостям, а також вірним рішенням, які приймалися після виконаних тестів, автоматизовані фільтрпреси ЧМ успішно вирішили завдання по зневодненню згущених осадків освітлювачів Ровенської АЕС, Харківської ТЕЦ-5, ТЕЦ-1 «Дніпроазота», ТЕЦ-1 м. Нарва (Естонія), при цьому отримуються осадки мінімальної вологості, що дозволяє їх утилізувати, а також фільтрат необхідної чистоти.

Також успішно працюють фільтрпреси ЧМ з поверхнею 150 м² на більш, ніж 10 цукрових заводів України, замінивши дискові фільтри, при роботі яких створювались значні обсяги стічних вод, що за звичай забруднювали природне середовище. До того ж це дозволило значно скоротити втрати цукру зі вказаними осадами.

Доказана можливість зневоднення на фільтрпресах ЧМ шахтних вод, на «Східному ГПК» (м. Кропивницький) працює фільтрпрес ЧМ з поверхнею 80 м².

Фільтрпреси ЧМ здатні зневоднювати осадки промислових стоків металургійних підприємств (мокре газоочищення доменних, мартенівських та інших печей).

Ще однією галуззю застосування фільтрпресів є фільтрування осадків гальванічних виробництв, для них застосовують фільтрпреси ЧМ спрощеної конструкції з поверхнею фільтрування починаючи з 2 м².

Більш докладну інформацію про розроблене та впроваджене фільтрувальне обладнання, а також про галузі застосування фільтрпресів можна отримати на веб-сайті компанії за посиланням <http://www.npk-vu.com.ua/>.

AHNERT M. (GERMANY, DRESDEN)

**FROM OPERATIONAL DATA TO A FINAL REPORT - AN (ALMOST) SEAMLESS
DIGITAL APPROACH TO WASTEWATER TREATMENT PLANT DESIGN**

Dresden University of Technology

Institute for Urban Water Management

01062 Dresden, Germany; markus.ahnert@tu-dresden.de

Problem description

The design of the biological part of a wastewater treatment plant is an often repetitive task that follows a predefined calculation procedure. Depending on national standards the following steps are mandatory only for details:

- Collection of input data or estimation of influent loads
- Verification and evaluation the data
- Execution of the design calculations
- Documentation of the results
- Final presentation and submission to the client

In a typical workflow, these steps were processed using different software tools, usually spreadsheets for calculations and word processing for reports and final submission.

There are therefore 3 categories of files: Raw data from different sources (also in paper form), calculation files and report files. The transfer of information or data and visualisations is often done manually by inserting results from one category into files of the following category. This can have several disadvantages. For example, there is a risk of incorrect transfer. If changes are made to files in the first two categories, the steps have to be repeated for subsequent categories. For each new project with a similar procedure, the whole process starts from scratch. Traceability of calculations is usually difficult.

There are some methods of directly linking e.g. calculation and report files, but this can dramatically increase file size.

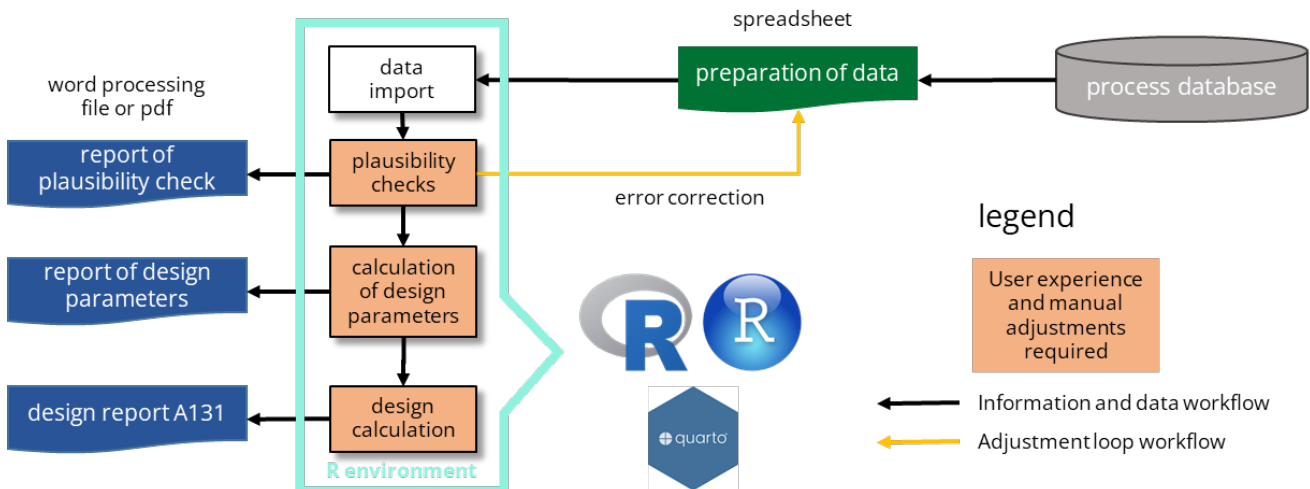


Fig. 1. Schematic representation of described workflow

Proposal of an alternative procedure

All these drawbacks can be overcome with an alternative method based on open source software tools. The main idea is to combine data import, calculations and report generation in one document. This can be done by using the open source programming language R (R Core Team, 2021) with the additional library Quarto (Allaire et al., 2022) within the R software IDE RStudio. Quarto is based on a markup language where chunks of code can be combined with formatted text. The final output can be an editable document, a pdf or html file, and a presentation. The code chunks can be used to perform all calculations and to display figures or tables. If changes need to be made, only the code of the quarto document needs to be modified and the new version can be generated.

This procedure is presented using the design methods of the German design guideline DWA A 131 (DWA-A131, 2016) for activated sludge wastewater treatment plants. An international version can be found in DWA-Topics T4/2016 (2019). Figure 1 shows a schematic representation of the complete workflow with marked script modules.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

For design calculations, the influent load must first be determined based on routine data from existing plants or estimated based on per capita specific loads. If routine data is used, it must be checked for plausibility. For this reason, different methods are available. An additional advantage of the proposed procedure is the possibility to include additional modules, e.g. for data pre-processing, if required.

User requirements

The application of the procedure described requires a certain affinity with programming. However, the R language (similar to Python) is relatively easy to learn and use. Often a result can be achieved very quickly by modifying existing code modules. There is also a large community and tutorials available to help you learn the language. Such languages are usually taught as part of modern university education.

Advantages of the procedure

There are several advantages to this approach compared to a traditional workflow based on office software products:

Time saving through:	Increase in quality through:
Almost no manual data processing required	Reproducibility
Reuse in other projects	Transparency of work steps
Easy corrections, extensions and additions possible	Documentation of the methodology
Essential parts of the documentation are generated automatically	Minimisation of errors in the results
Iterative application easily possible	Consistent representations and documents
Structured and standardised approach	Focus on engineering issues by saving time

Conclusions and Outlook

The use of reproducible procedures for repetitive tasks can be a key factor in modern digital work, both for consultants and for process engineers in municipal wastewater treatment plants.

In addition, the described procedure can be linked to other software tools, e.g. modelling software. The extension of the described framework can be found as an example in Ahnert and Hurzlmeier (2022).

LAGIEWKA J., ZAWIERUCHA I. (POLAND, CZESTOCHOWA)
**REMOVAL OF ORGANIC DYES VIA SORPTION/SEPARATIVE
 TECHNIQUES BASED ON CYCLODEXTRINS**

Jan Dlugosz University

13/15, Armii Krajowej Av., Czestochowa, Poland; j.lagiewka17@gmail.com

Abstract. Organic dyes as one of emerging contaminants produced by industries and societies, pose a threat for natural environment. To prevent the spreading of organic dyes to environment, there are sorption/separative techniques like adsorption on active carbon or separation through permeable membrane are used. Cyclodextrins can act as binding site in sorption processes or phase carrier in membrane processes. Herein, novel materials based on cyclodextrins are designed and applied towards effective, rapid and selective removal of organic dyes from aqueous solutions e.g., methylene blue.

Introduction

One of the organic water pollutants are organic dyes. Dyes are colorful aromatic organic compounds, produced more than 100 tons annually in the world. Dyes are needed in many industrial fields, e.g. in the textile. They play a very important role because they give various materials a lasting color. Organic dyes are toxic compounds that do not biodegrade. They negatively affect the natural environment and result with mutagenic and carcinogenic effects which influence harmfully on the health of the fauna living in contaminated water. Thus, the organic dyes make water undrinkable and should be removed from industrial wastewater.

The cyclodextrins (CDs) are macrocyclic oligosaccharides, composed mostly of 6, 7 or 8 glucose units; it refers to α -CD, β -CD and γ -CD. The CDs' molecules form supramolecular rings, which interior has hydrophobic character (ether sphere) and exterior has hydrophilic (hydroxyl groups). The cavity shape is described as toroidal or truncated cone. The CDs are obtained from biotechnological processes, the starch reaction with specific glycosyltransferase enzyme. The CDs are known for the ability to form inclusion complex (host-guest system), insertion of organic molecules inside cavity like a finger to a ring. That ability is significant for pharmaceutical encapsulation and drug delivery. This properties can be applied in removal of organic pollutants, when CDs' solubility in water is reversed to non-soluble in water materials.

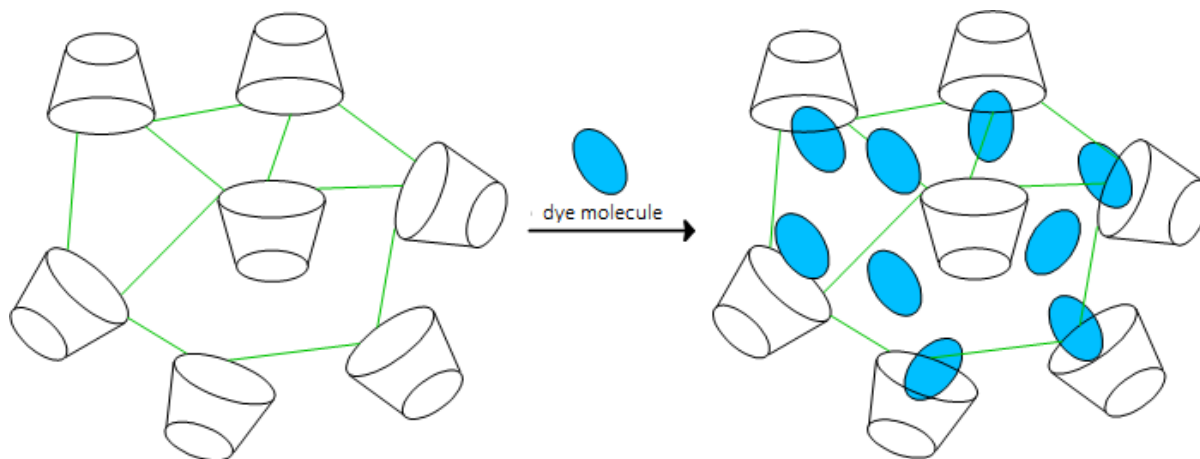


Fig. 1. CD polymeric network and sorption of dye molecules

Methods

The applied materials were: polymer inclusion membrane (PIM) doped with perbenzylated β -CD derivative, cross-linked networks based on CD and biphenyl dianhydride or citric acid, impregnated composites (polystyrene, zerovalent iron) with hydrophobic CD. The studied dyes were methylene blue and acid orange 7. The sorption tests were performed in batch conditions, where dye solutions was mixed and shaken with polymeric sorbent. The PIM technology was applied towards removal of dyes via system of membrane placed between two compartments containing source and receiving phases. The dyes are transported through membrane from source to receiving phase. The concentration of dyes after sorption and during membrane separation were evaluated with UV-Vis spectroscopy.

Results and discussion

The performed studied for polymeric network with CD and biphenyl dianhydride indicated highly effective removal towards Methylene Blue (MB), where sorption capacity was 96,15 mg/g. The rapid removal was resulted after 1 minute around 85% and after 5 minutes around 94%. The sorbent was characterized by selective removal of cationic organic dyes, but lack of binding towards metals or anionic dyes.

The PIM doped with perbenzylated CD derivative showed pH depending separation of Methylene Blue and Acid Orange 7. These dyes have different chemical character, cationic and anionic charge, respectively. In Fig. 2 the stability assay of PIM effectiveness during separation of Acid Orange 7 is presented. The process of separation is very stable during 10 cycle of work ranging around 70-80% of Recovery Factor.

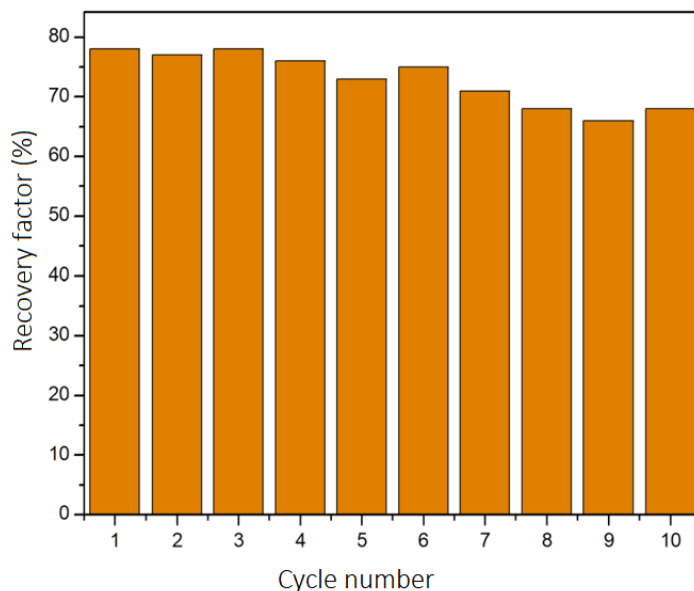


Fig. 2. Stability of PIM effectiveness during separation of Acid Orange 7

Conclusions

The novel cyclodextrin based materials were obtained for removal of cationic and anionic dyes. The polymeric sorbent are easily designed in one step process without necessity of inert atmosphere or highly expensive catalyst. The polymeric sorbent can rapidly remove around 80-90% of MB dye from aqueous solution during 1-5 minutes. The polymeric network based on CD and biphenyl anhydride favors only organic compounds and does not bind cations of metals. The PIM doped with CD demonstrated pH dependent mechanism of action, where in case of Methylene Blue feed solution should be basic and strip solution – acidic, respectively. The membrane system for Acid Orange 7 removal should be prepared with acidic feeding phase and basic receiving phase. The CD based materials are very interesting, effective and selective class of sorbents/membranes which can revolutionize (waste)water treatment contaminated with organic dyes.

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

ВИКОРИСТАННЯ ЦІАНОБАКТЕРІЙ ЯК БІОЛОГІЧНИЙ МАРКЕР В СУПУТНИКОВОМУ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Інститут агроекології і природокористування НААН

03143, вул. Метрологічна, 12, Київ, Україна

Abstract. The thesis describes the use of satellite databases for monitoring the state of the aquatic environment using cyanobacteria (blue-green algae) as a biological marker for the detection of water polluted in significant quantities by mineral fertilizers, phosphorus-containing and nitrogen-containing wastewater, due to the biochemical features of cyanobacteria and the very presence of chloroplasts, which gives a characteristic green color and the process of eutrophication, which colors the water surface.

Using these features through observations in the spectral index, it is possible to determine the places of the largest concentration and determine the places of significant pollution of water.

У зв'язку зі зростанням по всьому світу протягом останніх десятиліть частоти та інтенсивності росту водоростей, в т. ч. синьо-зелених, супутниковий моніторинг завдяки унікальним спектральним характеристикам їх фотосинтетичних пігментів є гарною альтернативою традиційному моніторингу водного середовища.

Збільшення популяції ціанобактерій (синьо-зелених водоростей), прискорення, розвитку та розповсюдження у водних об'єктах обумовлений через такі фактори як:

1) загальна зміна клімату – підвищення температури, що подовжує життєвий цикл ціанобактерій і сприяє їх розвитку:

2) потрапляння у воду мінеральних добрив, азотовмісних та фосфатовмісних стічних вод, які є чудовим підживленням для росту ціанобактерій у водному середовищі;

3) стояча вода, яка не здатна до самоочищення чим забезпечуються чудові умови для розвитку та зростання ціанобактерій

Більшість з цих факторів є наслідком антропогенної діяльності людини. Звичайно крім вище зазначених факторів є ще низька інших, які також сприяють зростанню ціанобактерій але не в таких масштабах.

За рахунок особливості життєдіяльного процесу ціанобактерій відбувається зміна кольору води на характерній зеленій відтінок внаслідок їх цвітіння завдяки виділенню ціанотоксинів.

Крім того в будові ціанобактерій наявні хлоропласти, які мають зелене забарвлення. Враховуючи цю особливість, а також те, що активному розповсюдженню ціанобактерій у водному середовищі сприяє потрапляння до нього стічних фосфатовмісних і азотовмісних вод та мінеральних добрив, ціанобактерії, зважаючи на ці біохімічні властивості, можна застосувати в супутниковому моніторингу як біологічний маркер для відстеження осередків забруднення.

За супутниковими знімками Sentinel-2 (рис. 1а) та Sentinel-3 (рис. 1б) і отримані за ними спектральними індексами NDVI (рис.2а), OTCI (рис.2б) можна визначити рівень хлорофілу на певних ділянках водної поверхні при проведенні моніторингу водних об'єктів в приклад було взято річку Дніпро на (рис. 1а-1б.). На рис. 2а видно, що ділянка водойми має зелене забарвлення та різну його градацію, по якій можна визначити розташування скупчення ціанобактерій на водній поверхні у випадку NDVI. В спектральному індексі OTCI, який визначає хлорофіл, забарвлення має градацію від зеленого до червоного. За цим індексом можна визначити кількість хлорофілу і відповідно до кольору визначається тип поверхні (грунт, вода, (сніг, хмара для білого) рослинний покрив). За допомогою визначення типу поверхні та з додаванням систем ДЗЗ можна виділити місця знаходження ціанобактерій відповідно від їх кількості на ділянці колір буде змінюватись. В обох випадках (рис.2) він світло зелений. Використовуючи особливість будови ціанобактерій, а саме наявність хлоропластів можна визначити місце найбільшого скупчення ціанобактерій а оскільки для їх активного розвитку та розповсюдження необхідна наявність в стічних водах фосфатів та інших хімічних елементів, які підживлюють ціанобактерії, можна визначити місця скиду такої забрудненої води.

Для покращення та поглибленого аналізу даних можна злучати спеціалізоване геодезичне програмне забезпечення яке допоможе більш чітко проаналізувати знімки з врахуванням додаткових особливостей рельєфу, місцевості для більш точного встановлення розповсюдження ціанобактерій на водній поверхні крім того операційне забезпечення такого типу розширить можливості аналізу зібраних даних з супутникових систем, що дозволить підвищити точність даних місцевості для кращої орієнтації, збільшення точності розрахунку кількості ціанобактерій на знімку для встановлення місць

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

найбільшого скупчення бактерій. Ця інформація допоможе у встановленні розміру забрудненої території.

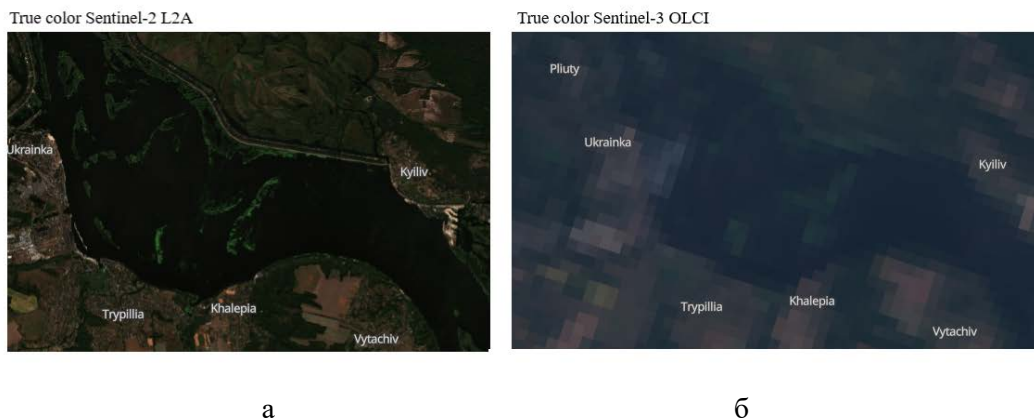


Рис. 1. Супутникові знімки Sentinel-2 (а) та Sentinel-3(б) (True Color) р. Дніпро Київська область. Дата 20.09.2023р. Джерело Sentinel Eo Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

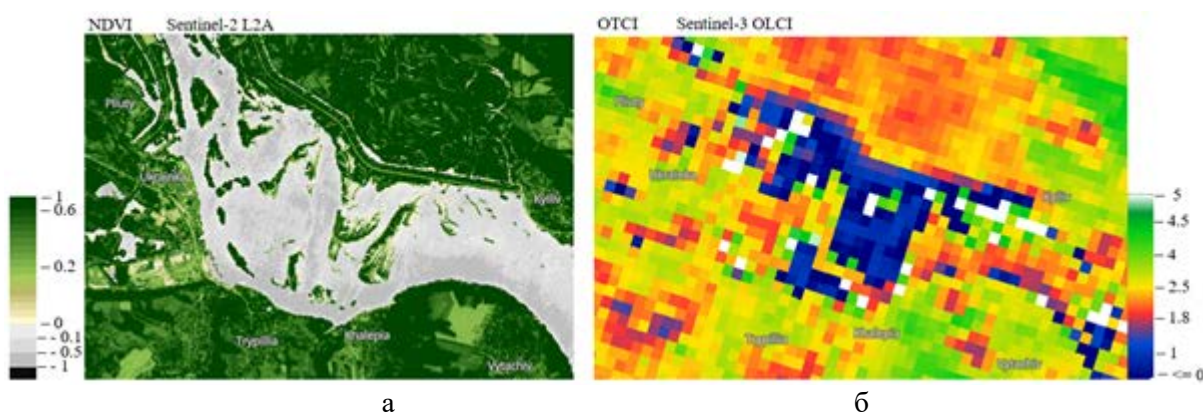


Рис. 2. а) Спектральний індекс NDVI зі шкалою вегетативного індексу (Sentinel-2).
б) Спектральний індекс Спектр ОТСІ зі шкалою рівня хлорофілу (Sentinel-3)
Дата 20.09.2023р. Джерело Sentinel Eo Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

Таким чином використовуючи супутникові дані та особливості будови ціанобактерій, їх можна використовувати як біологічний маркер для відслідковування води, яка була суттєво забруднена, недоочищена. Відповідно до цієї інформації, яка була отримана завдяки базі супутникових знімків, можна прийняти відповідні заходи для покращення стану водного середовища в цій ділянці.

Використання цієї особливості ціанобактерій з додаванням супутникових технологій є досить універсальною, що дозволить провести моніторинг майже будь-якого водного об'єкту та відслідкувати процеси евтрофікаційного характеру.

СОРОКІНА В.Ю., АЙРАПЕТЯН Т.С., ІСАКІЄВА О.Г., ГАЙДУЧОК О.Г.,
КАШИРІН В.А. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)
**ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВАКУУМНОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ
В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ УКРАЇНИ**

*Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова
61002, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна; office@kname.edu.ua*

Abstract. Today, there are unsewered areas in Ukraine where it is impossible to use traditional sewerage networks. This is due to reasons such as complex topography, hydrological and geological conditions; location of facilities in the protected area, and small volumes of wastewater. Sewage systems for small settlements must be designed, built, and operated without harming the environment. It is rational to use vacuum sewerage, which has been successfully used abroad for 50 years, to transport small volumes of wastewater. Vacuum sewage has proven itself in practice all over the world as a full-fledged alternative to traditional gravity and pressure sewage.

Сучасне життя не можливо уявити без систем водопостачання та водовідведення. В Україні на сьогодні залишаються райони в яких неможливо застосовувати традиційні самотпливні мережі водовідведення. Це пов'язано зі складним рельєфом або гідрологічними чи геологічними умовами розташування населеного пункту. В таких випадках відмовляються взагалі від мережі водовідведення.

Літературний аналіз показав, що в багатьох країнах світу частка населення, яка проживає в районах де відсутня мережа водовідведення складає в межах 20%. В основному, це невеликі населені пункти, а також частини територій великих міст з малоповерховою забудовою. Незважаючи на невеликий відсоток населення, що проживає на неканалізованих районах, масштаби забруднення навколишнього середовища та ризику для здоров'я людей достатньо великі. Для транспортування малих витрат стічних вод найбільш раціонально та вигідно застосовувати вакуумну каналізацію (рис. 1). Така технологія з успіхом впроваджується за кордоном. В Америці, Австралії, ОАЕ, в країнах ЄС користуються вакуумною технологією при організації зовнішньої мережі водовідведення протягом 50 років.

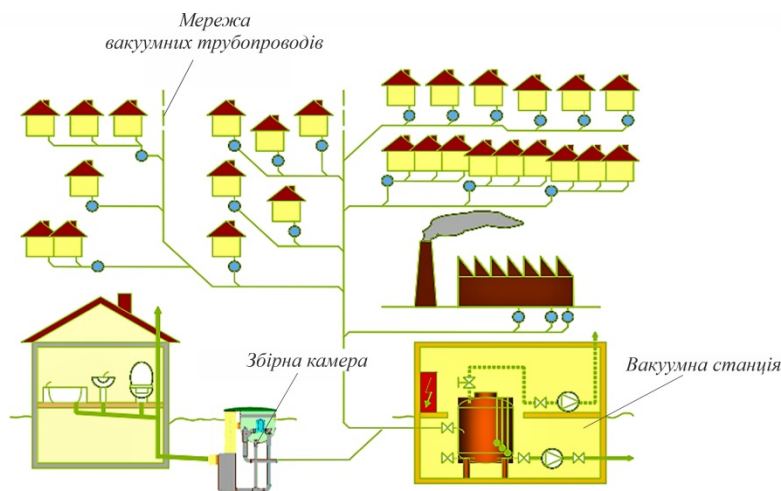


Рис. 1. Схема роботи вакуумної каналізації.

Принцип роботи вакуумної каналізації полягає у тому, що рух стічних вод по трубах забезпечується перепадом між атмосферним та вакуумним тиском. Система вакуумної каналізації працює за рахунок створення вакуумними насосами розрідження у каналізаційній магістралі від 25 до 65 кПа і складається з чотирьох основних елементів: збірної камери біля будинків, мережі вакуумних трубопроводів, центральної вакуумної станції та системи контролю за роботою збірних камер і насосної станції. Стічні води з будинків або будівель самотпливом надходять у збірні колодязі вакуумної каналізації, в яких встановлюють вакуумні клапани з датчиками рівня наповнення. Коли ємність заповниться до заданого рівня, вакуумний клапан відкривається і починається процес всмоктування стоків у вакуумну магістраль, яка з'єднує збірні колодязі та накопичувальний резервуар центральної вакуумної насосної станції (ВНС). Після наповнення резервуару, насоси перекачують

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

стоки в напірну систему, яка веде на локальні очисні споруди або в колектор самопливної мережі водовідведення.

Збірні колодязі виготовляють з залізобетону або з полімерних матеріалів, наприклад, з поліетилену середньої щільності. До одного збірного колодязя можна підключити декілька абонентів. Збірні колодязі можуть бути розміщені, як в дорожній смузі, так і на приватних ділянках. Їх розташовування повинно бути рівномірне і забезпечуватись необхідним припливом повітря. У збірних колодязях встановлюються клапани. Коли збирається необхідна кількість стічних вод, а це 40-50 л, клапан автоматично під дією імпульсу відкривається на 5-7 с, об'єм стічної води разом з дозою повітря всмоктується в мережу. Для ефективної роботи системи необхідно, щоб об'єм повітря був у співвідношенні до об'єму стічної води як 5:1. Після випуску стічних вод зі збірного колодязя клапан зачиняється.

Вакуумні колектори зазвичай виконуються зі зварних поліетиленових труб в одну гілку. Труби використовуються малих діаметрів від 90 до 300 мм. Глибину закладання визначають в залежності від кліматичних умов на 150-300 мм нижче глибини промерзання ґрунту. Вакуумні труби можливо укладати у вузьких траншеях та розміщувати в траншеї поруч з водопровідними трубами.

Всі вакуумні колектори підключені до вакуумно-нагнітальної насосної станції (рис. 2). Насосна станція включає в себе один-два накопичувальних резервуара, декілька вакуумних і каналізаційних насосів, систему управління. Накопичувальний резервуар може бути встановлений всередині вакуумної насосної станції або зовні під землею. Об'єм резервуарів коливається від 1 до 27 м³. Насоси працюють в автоматичному режимі, що дозволяє зменшити експлуатаційні витрати.

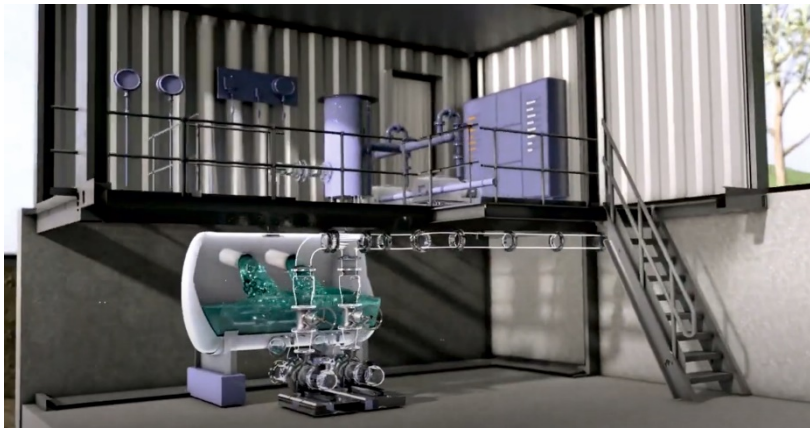


Рис. 2. Вакуумна насосна станція.

Вакуумні системи мають низку переваг:

- низькі витрати на земельні роботи, бо вакуумна каналізація невеликого заглиблення;
- низькі витрати на монтаж та технічне обслуговування;
- можливість прокладання при плоскому рельєфі та оминати перешкоди;
- мережа дає можливість вертикального підйому до 5 м;
- невеликі діаметри трубопроводів;
- відсутність необхідності влаштування оглядових колодязів;
- виключаються явища інфільтрації та ексфільтрації;
- система надійна та економічна завдяки автоматизації;
- відсутність засорів, пробок, відкладень в трубопроводі;
- віддалений постійний контроль та керівництво системою;
- довговічність;
- відсутність шкідливих газів у збірному колодязі;
- виключаються акти вандалізму та засмічення мережі чужорідними предметами.

Таким чином, вакуумна каналізація - відносно новий нетрадиційний метод, який повністю залежить від роботи насосів і клапанів. Цей метод підходить для збору малого об'єму стоків з великих площ при малоповерховому будівництві населених пунктів, лікарень, санаторіїв, а також при складному рельєфі та гідрогеологічних умовах.

СИРОВАТСЬКИЙ О.А., КАРАГЯУР А.С., ТИТОВ А.А. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІДСТІЙНИХ СПОРУД
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
61002, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна; office@kname.edu.ua.

Abstract. In the materials of the report, the authors provide an analysis of the problems of operating existing settling tanks, which are used at drinking water treatment stations. Directions for improving the operation of such structures are shown. Design of a thin-layer element for horizontal settling tanks has been proposed, which makes it possible to increase the station's productivity by more than 2 times. This design also makes it possible to increase the cleaning effect by 23-30% with the same productivity.

На сьогоднішній день в зв'язку з постійно зростаючим антропогенним впливом на воду природних поверхневих водоймищ, прогресуючим погіршенням якості води джерел водопостачання, підвищенням вимог до якості питної води, актуальним стає питання інтенсифікації седиментаційних процесів на станціях водопідготовки.

Однією з найбільш простих технологій є вилучення завислих речовин під впливом сил гравітації (методом відстоювання), що відрізняється високою ефективністю та вимагає мінімальних енергетичних витрат. При відстоюванні відбувається вилучення з води лише порівняно крупних часток завислих речовин. Звичайним відстоюванням дрібнодисперсні та колоїдні частки забруднень виділити майже неможливо. Для цього необхідне застосування методів флокуляції, фільтрування та коагуляції.

У техніці очищення природних вод велика увага приділяється відстійникам, тому що від їх ефективності залежить робота швидких фільтрів, окисних блоків, апаратів з ущільнення та зневоднення осадів, дозуючих та перемішуючих пристроїв та інших споруд водоочисної станції. У багатьох випадках відстійники є єдиною спорудою для очищення води, на них припадає близько половини загального обсягу капіталовкладень.

Серед існуючих вітчизняних і закордонних напрямків покращення роботи відстійних споруд водоочисних станцій можна виділити такі: оптимізація форми проточної частини відстійника, підвищення стійкості потоку води в споруді, використання сучасних коагулянтів і флокулянтів для прискорення процесу седиментації забруднень, вдосконалення пристроїв збору освітленої води і осаду, що утворюється.

Ефективність роботи відстійних споруд зумовлена концентрацією завислих речовин, гідравлічною крупністю часток забруднень та їх гранулометричним складом. Однак, враховуючи мінливість витрати води, що очищується, необхідність використання значних площ і вартісних реагентів, а також те, що в більшості випадків в водах природних джерел завислі речовини представлені дрібнодисперсними частками, то вилучення цих часток забруднень у відстійниках традиційних конструкцій є недостатньо ефективним.

На наш погляд, перспективним в цьому сенсі є застосування на діючих очисних установках і спорудах, які тільки проектуються, тонкошарових модулів, вбудованих в конструкцію горизонтального відстійника. Тонкошаровий модуль - пристрій, принцип роботи якого заснований на осадженні суспензії в шарах з малою висотою. Такі модулі складаються з безлічі похилих каналів, об'єднаних в єдиний блок. Кожен похилий канал є самостійним відстійником глибиною 50-70 мм, шириною від 100 мм і більше і довжиною до 1,5 м з кутом нахилу каналів 15-60⁰ до горизонталі в залежності від виду тонкошарового відстійника. На частку, що знаходиться на похилій площині, діють як сили зчеплення, обумовлені ван-дер-ваальсовою взаємодією, так і сили тяжіння, в результаті чого, при утворенні шару деякою товщини, він починає сповзати вниз. У спорудах, обладнаних тонкошаровими модулями, висота відстоювання значно зменшена (у порівнянні з традиційними конструкціями відстійників), за рахунок чого збільшується гідравлічна крупність, скорочується тривалість седиментації, а, отже, і габарити очисної споруди. Також, як відомо, найбільший ефект освітлення досягається при рівномірному русі потоку, а в даних спорудах при протіканні суспензії через тонкі канали може бути забезпечений не тільки гідравлічно стійкий ламінарний режим, але і створюються найбільш сприятливі умови для осадження суспензії при невеликих довжинах елементів. Використання даної технології дозволяє скоротити ефективний час відстоювання з 3 годин до 30 хвилин і менше, а також підвищити ефект затримання забруднень до 80-90%. Установка тонкошарових модулів дозволяє збільшити навантаження на відстійники і домогтися поліпшення якості освітленої води.

В системах водопостачання і водовідведення при очищенні вод використовують тонкошарові відстійники різноманітних конструкцій. За принципом роботи такі відстійники бувають періодичної (циклічної) та безперервної дії. В перших кут нахилу секцій становить $15-30^{\circ}$ і осад, що накопичився видаляється, як правило, зворотнім током води. Відстійники безперервної дії мають дещо більший кут нахилу ($35-60^{\circ}$) і у порівнянні з відстійниками першого типу мають менший ефект освітлення, але їх головною перевагою є самостійне сповзання осаду по поверхні елемента одночасно з процесом освітлення.

В залежності від напрямку руху води і осаду, який утворюється розрізняють тонкошарові відстійники прямооточні, протиточні і перехресні. В прямооточних відстійниках напрями руху води, що відстоюється, і осаду співпадають, тому така конструкція більш ефективна для вилучення часток забруднень, густина яких менше густини води. Протиточні відстійники, навпаки, мають протилежні напрями руху води і осаду. Такі конструкції доцільно використовувати при вилученні відносно невеликих концентрацій часток забруднень, густина яких дещо більше густини води. Тонкошарові відстійники за перехресною схемою мають вхідний перетин перпендикулярний напрямку потоку, а осад сповзає за рахунок нахилу полиць. Найбільшого розповсюдження такі відстійники набули при очищенні висококонцентрованих вод з частками забруднень, густина яких як більше, так і менше густини води.

В водах поверхневих джерел України, які використовуються як джерела питного водопостачання, внаслідок зарегулювання стоку і інших факторів, спостерігаються відносно невисокі концентрації завислих речовин – до $100-150$ мг/л і невисокі значення гідравлічної крупності більшості часток забруднень. Тому для очищення таких вод на нашу думку найбільш привабливими будуть саме тонкошарові відстійники безперервної дії, які працюють за протиточною схемою.

В значній мірі на ефект очищення в тонкошаровому відстійнику впливають конструктивні і технологічні параметри, а саме довжина, висота і кут нахилу елемента, а також пропускна здатність елемента, гідравлічна крупність, концентрація забруднень і швидкість руху води в полицях елемента.

Головною необхідною умовою ефективної роботи відстійних споруд тонкошарового типу є ламінарний режим руху води і стійкість потоку. Як відомо, умови характеризуються критичними значеннями чисел Рейнольдса ($Re_{кр}$) і Фруда ($Fr_{кр}$). При цьому $Re_{кр} \leq 2800$, а $Fr_{кр} \geq 10^{-5}$. Числові значення цих обмежуючих критеріїв залежать від розмірів поперечного перетину тонкошарового елемента, тобто гідравлічного радіусу R , швидкості руху води в елементі (як наслідок і його продуктивності) і кінематичної в'язкості рідини. За максимальними значеннями вказаних критеріїв можна визначити гранично допустиму максимальну швидкість потоку води, що підлягає очищенню. Вона залежить лише від гідравлічного радіусу елемента R , тобто від висоти і ширини тонкошарового елемента для слабкоконцентрованих вод в нормальних умовах.

Зі зменшенням перетину каналів ламінарний режим руху має місце при більш високих швидкостях потоку, тобто найефективніше осадження відбуватиметься в каналах з малим гідравлічним радіусом R . Найбільш часто в практиці відстійних споруд відстань між пластинами каналів приймають в межах $25-100$ мм. Зменшення поперечного перетину тонкошарових елементів може служити причиною їх засмічення, що знижує надійність роботи споруд і погіршує умови експлуатації через складність прочищення.

Ще одним важливим параметром при проектуванні тонкошарових відстійників є кут нахилу тонкошарових елементів до горизонту. Чим меншим буде кут нахилу, тим менше буде висота осадження домішок, і, в результаті, ефективніше процес освітлення. У протиточних відстійниках кут повинен бути дещо більшим ($45-60^{\circ}$) для створення нормальних умов сповзання осаду.

Нашими теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що для вилучення з природної води часток забруднень гідравлічною крупністю $u_0 = 0,4$ мм/с і більше дозволить забезпечити концентрацію завислих речовин на виході з відстійника на рівні $C_{ex} = 5-8$ мг/л. Це досягається установкою в проточну частину діючого горизонтального відстійника поліетиленових тонкошарових модулів довжиною $1,0-1,15$ м з вистою полиць $30-60$ мм і кутом нахилу в 60° . При цьому швидкість руху води в полицях елемента буде в діапазоні $5-10$ мм/с.

Установка таких пакетів в діючі горизонтальні відстійники дозволяє без втрати якості збільшити продуктивність відстійника в $2-2,3$ рази, або при тій же продуктивності збільшити ефект очистки на $26-30\%$ тим самим зменшивши, наприклад, дозу коагулянту, який вводиться в змішувач. В окремих випадках установка таких пакетів дозволяє навіть зовсім відмовитись від використання коагулянту.

ЕПОЯН С.М., ГАЙДУЧОК О.Г., ВЕРТИПОРОХ С.С.,
ДЗЮБА С.Ю. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)
**АКУСТИЧНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ОЧИЩЕНІ
ПРИРОДНИХ ВОД ДО ПИТНОЇ ЯКОСТІ**

*Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова
61002, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна; office@kname.edu.ua*

Abstract. Natural sources are considered sufficiently polluted and the cost of cleaning such water to drinking quality increases significantly every year. The technological scheme of surface water purification for drinking water supply remains the two-stage settling tank-filter scheme. In modern conditions, the main disadvantages of this scheme are low efficiency of retention of finely dispersed particles of suspended substances and low relative productivity of structures. The application of filtration using the acoustic method through carbon nanotubes makes it possible effectively removes pollutants.

Якісний склад вод більшості поверхневих водних об'єктів України характеризуються невисокими концентраціями завислих речовин, які представлені дрібнодисперсними фракціями (а саме: колоїдні речовини, мул, пісок і глина). Природні джерела вважаються достатньо забрудненими і собівартість очищення такої води до питної якості кожного року суттєво зростає.

Технологічною схемою очищення поверхневих вод для питного водопостачання залишається двоступенева схема відстійник-фільтр, недоліки якої є невисока ефективність затримання дрібнодисперсних часток завислих речовин.

Літературний аналіз показав, що одним з перспективних методів очищення води до питної якості є застосування матеріалів та методів заснованих на нанотехнологіях. Вони включають кілька підходів і процесів застосування матеріалів на атомному або молекулярному рівнях. Застосування фільтрації за допомогою акустичного методу через вуглецеві нанотруби дає можливість ефективно видаляти забруднювачі. Порівняно з іншими процесами фільтрації, технологія акустичних нанотрубок потребує менше енергії, що робить її придатною для дистанційного керування. Крім того, завдяки своїй здатності споживати менше енергії, варіанти сонячної енергії також можна розглянути для забезпечення її робочої потужності. Це гнучкий процес, оскільки він не залежить від сил тяжіння, для подачі води через систему фільтрів. Тому в основному його використовують на космічних станціях. Залежно від вимог до фільтрації, його можна використовувати як один фільтр або як велику споруду інтегрованих фільтрів.

Принцип дії полягає в тому, що вихідна вода потрапляє в пристрій, спочатку контактує з матрицею фільтра який виготовлено з кераміки, полімеру або металу. Склад матриці фільтра залежить від вимог кінцевого використання і має вуглецеві нанотрубки, які пропускають лише молекули води, блокуючи великі молекули забруднень. Ця технологія є унікальною, оскільки використовує акустику для пропускання води через фільтр. Акустична вібрація поширюється за допомогою осцилятора, який прикріплений до матриці фільтра. Коливання призводять до розриву зв'язків між молекулами води та забруднення під час їхнього руху через фільтр.

Вуглецеві нанотрубки — це алотропні модифікації вуглецю, які мають форму порожнистих циліндричних графенових структур діаметром від десятих часток до кількох нанометрів. Це масивна молекула з мільйонами атомів вуглецю, розташованих у вершинах правильних шестикутних структурних частин. Вони мають надзвичайно високе співвідношення міцності до щільності. Графенова структура гідрофобна і відштовхує воду. Ця якість робить його чудовим фільтром, що дозволяє блокувати домішки й одночасно пропускати очищену воду. Крім того, оскільки графен такий тонкий і легкий, він може фільтрувати велику кількість води, використовуючи мінімальну енергію.

Таким чином, фільтрування води акустичним методом через вуглецеві нанотрубки не вимагає промивки системи фільтрів як в інших системах фільтрації, а застосування графену може дати більшу ефективність та рентабельність процесу. Це дозволить покращити очистку поверхневих вод до питної якості при мінімальних експлуатаційних витратах.

ЛОПУШАНСЬКИЙ О.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
**МІКРОВОДОРОСТІ У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ СТІЧНИХ ВОД ТА
ВИКИДІВ CO₂ У ПРОМИСЛОВОМУ ТВАРИННИЦТВІ**
Національний університет «Львівська політехніка»

Abstract. The paper is devoted to the study of the possibilities of using microalgae in industrial animal production to reduce wastewater and CO₂ emissions. The author examines the environmental pollution problems associated with the growing number of pigs and CO₂ emissions and proposes the use of microalgae as an effective tool for wastewater treatment and biodiesel production. The paper explores the possibility of using the microalgae *Chlorella vulgaris* MBFJNU-1 and its potential to reduce CO₂ emissions and create biodiesel in a cost-effective way.

Зростаюча народжуваність і індустріалізація в країнах призвели до серйозних проблем у сфері довкілля, таких як парникові гази та стічні води тваринницьких ферм. Згідно зі звітом Всесвітньої метеорологічної організації, концентрація вуглекислого газу (CO₂) в атмосфері щорічно зростає на 6 проміле, що суттєво впливає на глобальне середовище та соціально-економічний розвиток.

З іншого боку, в світовій індустрії свиновирощування приблизно 1 мільярд свиней щоденно виділяють велику кількість стічної води свиноферм (18 літрів на одну свиню згідно з Maraseni та Maroulis). Викиди стічної води безпосередньо в річки та океани спричинили нові проблеми, такі як екологічна еутрофікація, поширення патогенів та забруднення ґрунту. Мікрородорості стали важливими для боротьби з цими проблемами, завдяки своєму високому росту, ефективному фотосинтезу та здатності очищувати стічні води. Отримані з мікрородоростей ліпіди можуть бути перетворені в біодизель, що може замінити традиційні джерела пального.

Деякі види мікрородоростей, такі як *Chlorella*, *Desmodesmus*, *Scenedesmus* і інші, можуть видаляти поживні речовини з стічних вод свиноферм, але цей процес потребує оптимізації. Мікрородорості можуть бути використані для очищення стічних вод у відкритих водоймах на вулиці, що може зменшити витрати. Однак бракує досліджень щодо використання мікрородоростей для очищення стічної води свиноферм та зменшення викидів CO₂ у великомасштабних водоймах.

Біомаса мікрородоростей, отримана з очищення стічних вод та зменшення викидів CO₂, може бути використана для виробництва біодизелю. Процес включає вирощування мікрородоростей, збір, сушку, екстракцію ліпідів та їх трансестерифікацію. Для зменшення енерговитрат розроблено процес прямої ензиматичної трансестерифікації з використанням гідролітичних ферментів та рідкого ліпазу. Для досягнення високої конверсії біодизелю в економічно вигідний спосіб потрібно провести наступні дослідження: розробити процес з використанням рідкого ліпазу та фосфоліпази для прямого перетворення ліпідів з мокрої біомаси мікрородоростей в біодизель при кімнатній температурі та оцінити його можливість для великомасштабного виробництва біодизелю у біореакторі.

Chlorella vulgaris MBFJNU-1, фотоавтотрофний мікроорганізм, є обіцяним для очищення стічної води свиноферм та зменшення викидів CO₂, так як ці мікрородорості, ізольовані зі стічної води, ефективно видаляє поживні речовини зі стічних вод. Що в свою чергу дає можливість використання *C. vulgaris* MBFJNU-1 для очищення стічної води та зменшення викидів CO₂. Після центрифугування волога біомаса *Chlorella* трансестерифікується в біодизель за кімнатної температури з використанням рідкого ліпазу, сполученого з фосфоліпазою A1 (ПЛА), та оптимізацією ферментного процесу. Результати цієї роботи вказують на потенціал використання мікрородоростей для очищення стічних вод, зменшення викидів CO₂ та виробництва біодизелю в економічно вигідний спосіб.

МОКРИЙ В.І.¹, ПЕТРУШКА І.М.¹, АРУСТАМЯН Е.М.²,

БОНДАРЬ В.І.³ (УКРАЇНА, ЛЬВІВ, КИЇВ)

**ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОРМУВАННЯ ГІС-ПРОЕКТУ
«ГІДРОЛОГІЧНА МЕРЕЖА НПП ПІВНІЧНЕ ПОДІЛЛЯ»**

¹Національний університет «Львівська політехніка»

79000, вул. Степана Бандери, Львів, Україна; *istr.dept@lpnu.ua*

²Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України

03035, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, Київ, Україна; *info@mepr.gov.ua*

³Національний університет біоресурсів і природокористування України»

03041, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна; *plantprotect_dean@nubip.edu*

Abstract. The implementation of a hydrologically correct GIS project to solve a wide range of hydroecological problems of the «Northern Podillia» NNP is proposed and substantiated. Assessment of the state of surface and underground waters, modeling of water flow and sediments, pollution transfer processes, study of the impact of agricultural, transport and industrial load on the hydrological network, substantiation of the system of water protection and anti-erosion measures, optimization of the ecological network, formation of hydro-ecological corridors of the researched park is foreseen.

Використання геоінформаційних систем (ГІС) є перспективним методом дослідження та управління об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), про що свідчать чисельні результати досліджень як українських, так і зарубіжних вчених. ГІС технології дозволяють створювати статичні і динамічні моделі географічних об'єктів та екосистем, отримувати дані про тенденції розвитку компонентів довкілля, виявляти масштаби деградаційних процесів, обґрунтовувати комплексні схеми оптимізації стану річок, водних, земельних і біологічних ресурсів, покращення екологічної ситуації в цілому. У зв'язку з цим, побудова ГІС «Гідрологічна мережа НПП Північне Поділля» є актуальною проблемою, вирішення якої сприятиме стабілізації еколого-географічної і соціально-економічної ситуації в регіоні.

Об'єктом дослідження є басейнова геосистема території Національного природного парку (НПП) «Північне Поділля», як один із найвагоміших чинників, що безпосередньо й опосередковано впливає на стан навколишнього середовища, розміщення населення і господарських об'єктів, напрями використання природних ресурсів.

Результати виконаних досліджень полягають у відпрацьованні алгоритмів, методів і технологій інформаційного забезпечення формування бази даних гідрологічної мережі НПП «Північне Поділля». Основним орогідрографічним елементом НПП «Північне Поділля» є Головний Європейський вододіл, що розділяє периферійні області стоку Балтійського і Чорного морів. Тут бере джерельну енергію та набирає сили ріка Західний Буг, несучи свої води в Балтійське море і витікають ріки, які живлять Чорне море – Стир, Серет, Іква. Ключовими гідрологічними об'єктами екологічної мережі парку є Пониківський гідрологічний заказник та Верхобузький заказник. Гідроекологічні коридори формуються на базі гідрологічної мережі парку, яка складається з витоків основних річок та їхніх приток, природних та штучних водойм. Практично всі ділянки території парку тією чи іншою мірою зазнали відхилень від свого природного стану. Особливо змінилися басейни малих річок та їх екологічний стан. Малі водотоки повністю або частково зникли через вплив природних та природно-антропогенних факторів. Для запобігання подальшого погіршення екологічного стану, виснаженню малих річок є доцільним гідроморфологічний, гідрофізичний, гідрохімічний та гідробіологічний моніторинг поверхневих вод парку. На основі отриманих результатів необхідно визначити екологічний стан кожної річки та вибрати оптимальні та ефективні заходи відновлення їх природного стану.

Апробація методичних підходів для інформаційного моделювання басейнової системи дозволила обґрунтувати відповідний алгоритм створення цифрової моделі гідрологічної мережі. Інформаційне забезпечення пропонованого ГІС-проекту призначене для формування та відображення тематичних даних, що містять фізичну й атрибутивну інформацію. Крім того, є можливість формувати екологічні тематичні карти території – ключові об'єкти екологічної мережі, водні об'єкти, рідкісні тварини та рослини, природно-територіальний комплекс та його функціональна структура, землекористування, населені пункти, шляхи сполучення.

Висновки та перспективи подальших досліджень передбачають реалізацію запропонованого гідрологічно коректного ГІС-проекту для вирішення широкого спектру гідроекологічних проблем НПП «Північне Поділля» - оцінки стану поверхневих і підземних вод, моделювання стоку води і наносів, процесів перенесення забруднень, вивчення впливу на гідрологічну мережу землеробського, транспортного і промислового навантаження, обґрунтування системи водоохоронних і протиерозійних заходів, оптимізація екологічної мережі, формування гідроекологічних коридорів.

НИЖНИК Т.Ю., СТРИКАЛЕНКО Т.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)
ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ
ПІДГОТОВЛЕННЯ ВОДИ

*НТТУ «Київський політехнічний інститут ім І. Сікорського»
03056, пр. Берестейський, 37, корп.4, Київ, Україна; taren8@gmail.com*

Abstract. The paper presents a critical review of the literature and the results of our own re-search of the developed portable device, which uses the technology of water treatment from natural sources with the use of a biocidal polymeric reagent of complex action "Aquaton-10". The prospects of this technology and its possibility of use in emergency situations are substantiated.

При надзвичайних ситуаціях природного чи техногенного характеру однією з головних проблем є забезпечення людей якісною і безпечною питною водою. Сьогодні, в умовах війни, маємо пошкоджені, зруйновані, частково знищені системи централізованого питного водопостачання, а тому дуже обмежені їх можливості забезпечити населення водою для пиття. Це обумовлено, окрім фізичних пошкоджень системи централізованого питного водопостачання, суттєвим погіршенням, особливо через воєнні дії, якості води в джерелах, в розгалуженій системі трубопроводів/водомереж, а також в використовуваних на водопровідних спорудах традиційних технологіях оброблення/очищення води для досягнення відповідності такої води гігієнічним вимогам до якості води питної. Доцільність використання у таких випадках локальних систем оброблення води, на нашу думку, не викликає сумнівів. Ще одна причина, що свідчить про доцільність використання в умовах надзвичайних ситуацій локальних систем підготовки води, полягає в наступному. Вимагати забезпечення населення водою питної якості і доставки води такої ж якості для господарських, побутових чи протипожежних потреб не є доцільним чи не-обхідним в зонах надзвичайних ситуацій. Тому розробка та застосування локальних систем підготовки питної води набуває все більшої актуальності і нового значення.

Метою роботи було створення локальних установок для оброблення води з використанням високоефективної і придатної для цих цілей сучасної технології водоочищення. Проведено аналіз даних літератури і результатів власних досліджень щодо існуючих і перспективних технологій оброблення води в локальних системах водопідготовки. Критеріями розгляду достатня ефективність технології, надійність роботи, безпечність для людини та об'єктів навколишнього середовища, компактність та енергоефективність локальної системи. Аналіз використовуваних сьогодні технологій оброблення води проведено з позицій концепції управління ризиками у водопостачанні, тобто з акцентом на знезаражування води в таких локальних системах.

Практично усі застосовувані сьогодні технології підготовки води виконують не лише знезараження води, але й, певним чином, впливають на її фізико-хімічний склад. Проте, якщо деякі технології призводять до оптимізації показників якості води (наприклад, коагулянти оптимізують прозорість та забарвленість води, зменшуючи одночасно її мікробне забруднення), то інші, переважно з окислювальним механізмом дії (наприклад, хлорвмісні реагенти, озон тощо), сприяють появі у воді надмірної залишкової концентрації реагенту та побічних продуктів взаємодії використаного реагенту з органічними чи неорганічними компонентами води. Такі побічні продукти дезінфекції є токсичними для людини/біоти та можуть підвищувати резистентність мікроорганізмів до дезінфектантів, у тому числі – антибіотиків. Тобто, сьогодні технології, що використовуються у системах підготовки води питної якості, мають, переважно, відносну ефективність щодо впливу на поллютанти води органічного чи неорганічного походження, не є енергоефективними, екологічно безпечними та економічно доцільними.

За результатами багаторічних досліджень нами розроблена для водоканалів і систем локального водопостачання ефективна сучасна технологія оброблення води з використанням біоцидного полімерного реагенту «Акватон-10» (діюча речовина – ПГМГ). Реагент комплексної дії «Акватон-10» не є окислювачем і має властивості дезінфектанту широкого спектру дії (на бактерії, віруси, гриби), флокулянту та комплексо-утворюючого реагенту. Це дозволяє замінити в традиційній системі водопідготовки найбільш використовуваних хлорвмісних реагентів (що застосовуються для знешкодження біологічних забруднювачів), флокулянти (підвищуючи ефективність осадження завислих речовин та скорочуючи потребу у коагулянті), а також зв'язувати та видаляти низку небезпечних розчинних хімічних сполук (важкі метали, пестициди тощо). Технологія багаторазово показала свою простоту і високу ефективність при використанні як в Україні, так і в екваторіальній

Африці. Так, при прориві очисних споруд на р. Рось під час паводку виник великий рівень біологічного забруднення (колі-індекс досягав 1 млн.). Гіперхлорування не дало очікуваного ефекту, а вода після нього все ще мала високий рівень бактеріологічного забруднення, інтенсивне забарвлення, запах і присмак через наявність в ній побічних продуктів дезінфекції. Після переведення роботи водоочисної системи на технологію з використанням біоцидного полімерного реагенту досягли необхідний ступінь дезінфекції води, нормалізацію показників її забарвленості, присмаку та запаху, тобто відповідності вимогам ДСанПін 2.2.4.171-10. В лабораторних дослідженнях нами встановлено, що реагентом «Акватон-10» досягається вилучення іонів деяких важких металів з розбавлених водних розчинів, що містили 1-4 ГДК їх солей (табл. 1).

Таблиця 1

Вилучення йонів металів з модельних розчинів, оброблених реагентом «Акватон-10»

Досліджувані показники, од.виміру	Вміст у воді		
	вихідній	оброблений	% вилучення
Плюмбум, мг/дм ³	0.2	0,001	99,5
Ферум, мг/дм ³	0.68	0,04	94,1
Кадмій, мг/дм ³	0.01	0,0008	92,0
Нікель, мг/дм ³	0.02	0,01	50,0
Берилій, мг/дм ³	0.002	0,001	50,0
Купрум, мг/дм ³	0.02	0,014	30,0
Манган, мг/дм ³	0.32	0.27	15.6

Узагальнюючи результати власних досліджень та дані літератури щодо існуючих і перспективних засобів оброблення води в локальних системах водопідготовки, технологію з використанням реагенту комплексної дії «Акватон-10» адаптували і створили портативний і мобільний пристрій для використання в умовах надзвичайних ситуацій, стихійних лих та зон військово-вих дій. Такий пристрій періодичної дії складається з ємкості, запасу реагентів, дозаторів, фільтруючих елементів та ручної помпи, що компактно упаковані у наплічник і може переноситись однією людиною. Для випробування пристрою використали воду з природного джерела (боло-то), яку додатково контамінували *E. Coli*, *S. Aureus* і *P. Aeruginosa*. Результати випробування цього пристрою наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості води до та після її оброблення в портативному пристрої з використанням реагенту «Акватон-10»

Досліджувані показники, од.виміру	Вміст у воді	
	вихідній	оброблений
Забарвленість, град.	102	18
Каламутність, мг/дм ³	14.6	0.52
ЗМЧ, КУО/см ³	350 000	не виявл.
<i>E. Coli</i> , КУО/дм ³	19 500	не виявл.
<i>S. Aureus</i> , КУО/дм ³	32 000	не виявл.
<i>P. Aeruginosa</i> , КУО/дм ³	11 000	не виявл.

Як видно з представлених результатів досліджень, такий пристрій дозволяє ефективно очищувати в польових умовах навіть дуже забруднену воду до стану якісної і безпечної питної води. Продуктивність портативного пристрою становить до 30 л/год очищеної води, а джерелом водопостачання для нього може бути вода з наявних джерел – колодязів, річок, дренажних та ірригаційних систем, озер, болот тощо.

Таким чином, проведений короткий порівняльний аналіз дозволяє вважати перспективним застосування біоцидного полімерного реагенту комплексної дії «Акватон-10» в технології оброблення води з природних джерел. Розроблений портативний пристрій на основі адаптованої технології з використанням реагенту комплексної дії «Акватон-10» може стати в нагоді не-великим мобільним підрозділам (розвідка, групи спеціального призначення, блок-пости, де-сант), а також для забезпечення питною водою службовців та цивільних в умовах надзвичайної ситуації.

СИДОР Т.А., ОРЕЛ В.І. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
ПРОПОЗИЦІЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ
НЕТИПОВИХ МІСЦЕВИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОРІВ

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

Abstract. The report is devoted to finding out a possible reason for the discrepancy in the underestimation of the water flow measured by an ultrasonic flow meter on a pipeline with an axial sudden pipe contraction, which transitions from a vertical plane to a horizontal plane in the form of elbow with a 90° bend, compared to a straight section of the pipe. It is proposed to consider these two local hydraulic resistances as a single one in the form of an axial sudden pipe contraction with a curved axis.

Наявність концентричного різкого звуження труби перед її поворотом є стабілізатором епюри швидкостей води та забезпеченням точності вимірювань ультразвуковим витратоміром (УЗВ). При вимірюванні за допомогою УЗВ «Дніпро-7У» на трубопроводі діаметром $D = 114 \times 5$ мм, який звужувався до труби діаметром $d = 75,5 \times 4$ мм, з наступним плавним поворотом на 90° при переході з вертикальної площини в горизонтальну отримано витрату води, меншу ніж на прямій ділянці труби діаметром 100 мм на відстані 20D перед звуженням труби [1].

Розбіжність у значеннях вимірних витрат можливо є через неврахування взаємного впливу концентричного різкого звуження труби та плавного повороту на 90°. Розглянемо взаємний вплив двох місцевих гідравлічних опорів типу «арматура – плавний поворот на 90°» [2, діаграма 12-44]. Ексцентричному різкому звуженню труби найбільше відповідає клінкерна засувка, для якої ступінь взаємного впливу місцевих гідравлічних опорів $\psi = 1,20 \dots 1,05$ при відстані між ними $L = (0 \dots 10) \cdot d$. Його обчислено як [2, с.578]:

$$\psi = \frac{\zeta_{1+2}}{\zeta_1 + \zeta_2}, \quad (1)$$

де ζ_{1+2} – сумарний коефіцієнт двох місцевих гідравлічних опорів при їх сумісній роботі; ζ_1, ζ_2 – коефіцієнт кожного місцевого гідравлічного опору при їх ізольованій роботі.

Відстань від площини зміни діаметрів труб різкого звуження у вертикальній площині до осі труби після повороту в горизонтальній площині становила $2d$. Проте, дійсна відстань між концентричним різким звуженням труби та плавним поворотом на 90° відсутня. Тому їх можна розглядати або як єдиний місцевий гідравлічний опір у вигляді кривоосного концентричного різкого звуження труби. На користь цього свідчить довжина першої ділянки стабілізації після звуження труби $L_{ст1} = 3,873d$. Її обчислювали за формулою [3]:

$$L_{cm1} = 19 \cdot (1 - e^{-0,6\zeta}) \cdot d, \quad (2)$$

де ζ – коефіцієнт місцевого гідравлічного опору концентричного різкого звуження труби; $\zeta = 0,380$ при товщині стінки $\delta = 4$ мм [2, діаграма 3-1], обчислений як [2, с.152]

$$\zeta = 0,573 \cdot \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^{0,75}. \quad (3)$$

Для з'ясування щодо використання кривоосного концентричного різкого звуження труби з плавним поворотом на 90° необхідно провести дослідження, щоб отримати значення коефіцієнта місцевого гідравлічного опору як для кривоосних дифузорів [2, діаграма 5-22].

[1] Bosak Mykola, Matlai Ivan, Hvozdetkyi Oleksandr, Sydor Taras. The use of an ultrasonic flow meter in the zone of influence of indirect sections of the water pipeline. Theory and Building Practice. 2022; Vol. 4, Num. 2: 17–24. DOI: <https://doi.org/10.23939/jtbp2022.02.017>

[2] Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

[3] Гіжа Олена. Розрахунки коротких трубопроводів з урахуванням стабілізації потоку // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2021. – Вип. 37. С.13–17. DOI: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.37.13-17>.

ПОЛЯКОВ В.Л.¹, МАРТИНОВ С.Ю.² (УКРАЇНА, КИЇВ, РІВНЕ)
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ
ФІЗИКО-ХІМІЧНИМ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯМ ПІДЗЕМНИХ ВОД

¹Інститут гідромеханіки НАН України

03057, вул. Марії Канніст, 8/4, Київ, Україна; vpoliakov.ihm@gmail.com

²Національний університет водного господарства та природокористування
33000, вул. Соборна, 11, Рівне, Україна; s.y.martynov@niwm.edu.ua

Abstract. The approach to the technical and economic substantiation of the management of the granular filters operation during the iron removal from deep groundwater is considered. The optimization calculations should be conducted taking into account three criteria. This approach makes it possible to comprehensively consider the integral impact of capital and operating costs on the cost value of treated water.

В останні роки перед водопровідно-каналізаційним господарством України постали абсолютно нові виклики, пов'язані з віроломним нападом російської федерації. Постійні обстріли території нашої держави призводять до руйнувань населених пунктів, в тому числі об'єктів водопостачання та водовідведення, які відносяться до критичної інфраструктури. Керівництвом країни за підтримки західних партнерів вживаються невідкладні заходи для розв'язання цих надзвичайно важливих проблем. Розробляються та впроваджуються програми для відновлення питного водопостачання у південно-східних областях України. Особлива увага приділяється пошуку альтернативних джерел водопостачання. У цьому напрямку доцільним є використання підземних вод, які характеризуються, як правило, досить постійними і високими для господарсько-питного водопостачання фізичними та бактеріологічними показниками з досить різноманітними хімічними показниками, які, в більшості випадків і особливо для глибинних горизонтів, не залежать від погодних умов. Разом тим, регіональні підземні води досить часто характеризуються підвищеним вмістом сполук заліза. Для очищення таких вод для питних потреб широкого розповсюдження набув метод контактного знезалізнення, який відноситься до фізико-хімічних методів. Але відносно висока вартість видалення понаднормової кількості заліза із підземних вод в багатьох випадках зумовлена неефективним використанням фільтрувальних матеріалів у спеціалізованих швидких фільтрах, які разом з ними часто експлуатуються нераціонально. Визначальним є проектування та експлуатація водоочисних споруд при мінімізації капітальних та експлуатаційних затрати.

Відомо, що осад, який накопичується в об'ємі засипки зернистих фільтрів при підготовці поверхневої води, не консолидується. Тому практично весь свіжонакопичений осад вдається видаляти зворотнім промиванням засипки. У такому випадку оптимізації підлягають лише експлуатаційні витрати і у випадку роботи фільтрів з постійною швидкістю фільтрування застосовуються два критерії – критерій якості води (час погіршення якості фільтрату) та критерій фільтрації (час досягнення граничних втрат напору).

Принципово інакше протікає технологічний процес у знезалізнювальних фільтрах, де відбувається прогресуюче (від фільтроциклу до фільтроциклу) накопичення залишкових забруднень. Зростаюча структуризація осаду з утворенням нових стійких хімічних зв'язків підвищує його міцність (з точки зору вимивання) і його видалення вимагає різкого збільшення інтенсивності промивання та об'єму промивної води. Як наслідок, прискорено зростають експлуатаційні витрати, що є не вигідним з економічної точки зору. Застосування стандартних параметрів промивання призводить до поступового зменшення робочої брудомісткості засипки та необхідності її передчасної заміни. Тому потрібно акцентувати увагу на довготривалому алгоритмі управління, який реалізується впродовж значного часу до повного спрацювання очисного ресурсу фільтруючого матеріалу, що неухильно забруднюється. Метою технологічного моделювання може бути встановлення такого алгоритму, який в стані забезпечити максимальний строк служби засипки. Таким чином в принципі можливо суттєво зменшувати капітальні затрати, часто основні затрати, що в цілому сприяє відчутному скороченню собівартості очищення води. Тому потрібно проводити оптимізаційні розрахунки з урахуванням трьох критеріїв, а саме, якості води, фільтрації, консолидації осаду. В [1] представлена математична модель фізико-хімічного знезалізнення води та розроблений метод, який дозволяє проводити такі розрахунки.

Для узагальненого економічного аналізу затрат на фільтрування встановлюється контрольний час t , який включає продуктивний час (фільтрування) та непродуктивний (промивання). Основним рівнянням для техніко-економічного аналізу є

$$CC + OC = VT\Omega_r P_w, \quad (1)$$

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

де CC , OC – капітальні та експлуатаційні затрати (затрати на будівництво, затрати на експлуатацію); V – швидкість фільтрування; Ω_F – площа поверхні засипки; P_W – вартість одиничного об’єму очищеної води.

З капітальних затрат виділяється частина, що витрачається на зернисту засипку

$$CC = \Omega_F L P_F T / t_s + \Delta CC, \quad (2)$$

де L – висота шару засипки; ΔCC – інші статті капітальних витрат (засоби автоматизації, насоси, аератори тощо); P_F – вартість одиничного об’єму засипки та витрат на її заміну; t_s – строк служби засипки.

Також у другому компоненті рівняння (1) окремо виділяються затрати на регулярне промивання

$$OC = N_T P_{BW} + \Delta OC, \quad (3)$$

де N_T – кількість фільтроциклів за час T ; P_{BW} – вартість одного промивання; ΔOC – інші статті експлуатаційних затрат.

Враховуючи (2), (3), рівняння (1) може бути подано наступним чином

$$L \Omega_F P_F T / t_s + N_T P_{BW} = VT \Omega_F P_W - \Delta CC - \Delta OC, \quad (4)$$

та після ділення обох частин на $VT \Omega_F$, отримаємо

$$\frac{L P_F}{V t_s} + \frac{N_T}{T} \frac{P_{BW}}{V \Omega_F} = P_W - \frac{\Delta CC + \Delta OC}{VT \Omega_F}. \quad (5)$$

Для узагальнення розрахунків вводиться відносний час, так що $\bar{t}_s = V t_s / (n_0 L)$, $\bar{T} = VT / (n_0 L)$ (тут n_0 – поруватість чистої засипки). Тоді рівняння (5) набере вигляду

$$\frac{P_F}{\bar{t}_s} + \frac{N_T}{\bar{T}} \frac{P_{BW}}{L \Omega_F} = n_0 \left(P_W - \frac{\Delta CC + \Delta OC}{\bar{T} L \Omega_F} \right). \quad (6)$$

У випадку експлуатації фільтра з однаковими тривалостями фільтроциклів ($t_{\beta} = t_f$) рівняння (6) перетворюється у форму

$$\frac{P_F}{\bar{t}_s} + \frac{P_{BW}}{L \Omega_F \bar{t}_f} = DC = n_0 \left(P_W - \frac{\Delta CC + \Delta OC}{L \Omega_F \bar{T}} \right), \quad \bar{t}_s = N \bar{t}_f = \sum_{j=1}^N \bar{t}_{\beta}. \quad (7)$$

Отже, приведені затрати на очищення води (DC) залежать від параметрів \bar{t}_s , \bar{t}_f , і відповідно від тривалості фільтроциклу. Логічно, що кінцевою метою техніко-економічного аналізу є вибір такого алгоритму, при якому $DC = \min$. Фактично потрібно конкретизувати такі значення \bar{t}_s та \bar{t}_f , при яких буде можливим мінімізувати праві частини рівнянь (6) та (7).

Використовуючи вищезгадані власні напрацювання теоретичними і експериментальними методами, виконано значний обсяг технологічних розрахунків роботи типового незалізнювального фільтра впродовж строку служби однієї зміни фільтруючого матеріалу. При цьому були реалізовані три алгоритми довготривалого управління і визначені їх параметри, за яких забезпечується мінімальна вартість очищення підземної води.

[1] Poliakov Vadim, Martynov Serhii. Mathematical modeling of physicochemical iron removal from groundwater at rapid filters // Chemical Engineering Science, 2021. Vol. 231, 116318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.116318>

WITT K. (POLAND, BYDGOSZCZ)

THE NEW WATER-INSOLUBLE β -KETOIMINES CAPABLE OF BINDING METAL IONS FROM WATER SOLUTIONS

Bydgoszcz University of Science and Technology

Faculty of Chemical Technology and Engineering, 3 Seminaryjna Street,

PL 85326 Bydgoszcz, Poland; wittkatarzyna@pbs.edu.pl

Abstract. In this presentation, preliminary research regarding the new β -ketoimines was described. The new β -ketoimines were synthesised and their ability to bind metal ions from water solutions was investigated.

The synthesis procedure consisted of the addition of derivative of a pentane-2,4-dione to 3-aminopropyltriethoxysilane and subsequent elimination of the water molecules. The structures of the resulting compounds were confirmed by Nuclear Magnetic Resonance and Fourier Transform Infrared Spectroscopy-Attenuated Total Reflectance.

Below an example scheme of solvent-free synthesis of β -ketoimines was present.

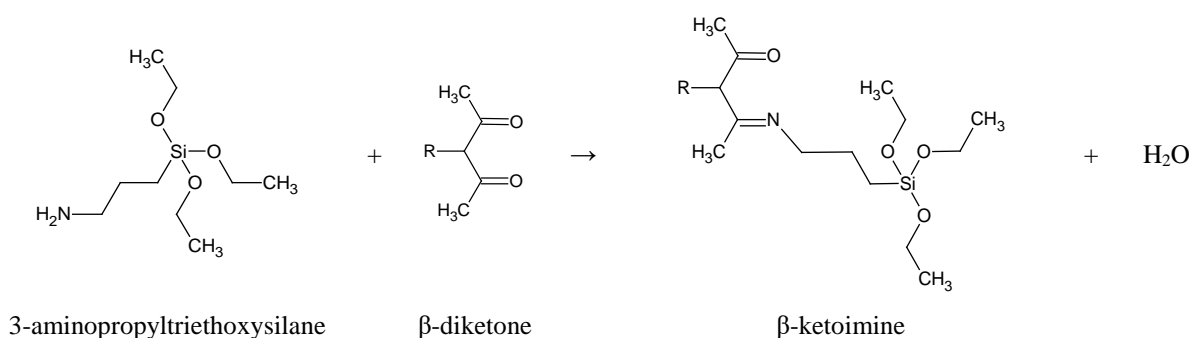


Fig. 1. Scheme of solvent-free synthesis of β -ketoimines, R = e.g. H, CH₃, C₂H₅, etc.

The solubility tests of the obtained β -ketoimines confirmed their insolubility in water, which is very important for their further use as active compounds e.g. for the binding of heavy metal ions from aqueous solutions.

In the next stage, the affinity of the resulting compounds for metal ions present in water model solutions using UV-Vis spectrophotometry was investigated. The study confirmed that investigated β -ketoimines are able to bind metal ions. Moreover, the stability constants of created in this processes complexes of new β -ketoimines with selected metal ions (Ag⁺, Au³⁺, Cd²⁺, Co²⁺, Cr⁶⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Mg²⁺, Ni²⁺, Pd²⁺, Pt²⁺, Zn²⁺) was determined.

The obtained new water-insoluble ligands may be used in the future to recover noble metal ions or remove heavy metal ions from aqueous solutions (e.g. post-production wastewater) or to recycle residual waste (e.g. electronic scrap).

The work was created as a result of the grant „Synthesis of new water-insoluble β -ketoimines, obtained from β -diketone derivatives and aminosilanes, capable of binding metal ions from aqueous solutions”, no 2023/07/X/ST4/00361 financed by National Science Centre

ПОЛКОВНИКОВ Д.А., ІВАНОВА В.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН АЗОВСЬКОГО МОРЯ

Маріупольський державний університет

03037, Київ, вул. Преображенська, 6, Україна; info@mdu.in.ua

Abstract. The Sea of Azov is an inland sea of the Atlantic Ocean basin connected to the Black Sea by the Kerch Strait. The maximum length of the sea is 343 km, the maximum width is 231 km; the length of the coastline is 1,472 km; the surface area is 37,605 km² (this area does not include islands and spits that cover 107.9 km²). In terms of morphology, it belongs to the flat seas and is a shallow body of water with low coastal slopes. In terms of distance from the ocean, the Azov Sea is the most continental sea on the planet. Among other things, various enterprises are located on the shore and coastal strip of the sea, which negatively affect its environmental condition. In addition, there are other negative impact factors, which will be discussed below.

Азовське море (давня назва - Озівське море) - додаткова водойма Чорного моря. Акваторія Азовського моря належить до екорегіону Чорного моря північноатлантичної бореальної зоогеографічної провінції. З Чорним морем Азовське море поєднується вузькою Керченською протокою. У північно-західній частині поєднується із Сивашем вузькою Генічеською протокою. Азовське море є мілкою ізольованою системою, що характерно впливає на гідрологічний режим даного об'єкта, а саме: море сильно опріснене у східній частині річками Дон і Кубань, і осолонене за рахунок випаровування у західній частині. Сумарний пересічний річний стік прісних вод в Азовське море складає 40,7 км³. Річний об'єм атмосферних опадів і води складає 15,5 км³. Щорічне надходження стоку з Чорного моря складає 41 км³. Таким чином загально-річний дебіт води складає 97,2 км³. А через Керченську протоку з Азовського до Чорного моря витікає 66,2 км³, при цьому випаровується 31 км³. Об'єм моря становить 320 км³. Азовське море має низьку прозорість, через бурхливий розвиток зоо- та фітопланктону у теплу пору року і це спричиняє явище «цвітіння» моря, також море отримує значне біогенне живлення від річок, що у нього впадають. Загальна водозбірна площа басейну Азовського моря складає 586 тис. км².

Значне надходження забруднюючих речовин, перевищуючих обсяг асиміляційної здатності морських екосистем, у Азовське море зумовлює його екологічно незадовільний стан, що і призводить до значного забруднення (в тому числі мікробіологічного) морських вод, бурхливого розвитку евтрофікаційних процесів, скорочення обсягу рибних ресурсів, втрати біологічних видів, виникнення загрози здоров'ю населення, зниження якості рекреаційних ресурсів. Стічні води з точкових та дифузних берегових джерел, морські транспортні засоби, стоки річок, є основними джерелами забруднення.

Екологічний стан Азовського моря викликає особливе занепокоєння. промислові підприємства міста Маріуполя є основними джерелами забруднення Азовського моря. Щороку понад 800 млн. м³ забруднених стічних вод скидається Металургійними Комбінатами "Азовсталь", імені Ілліча, концерном "Азовмаш", тобто до 99% загального обсягу скидів у море.

За середніми рівнями показників спостерігався підвищений вміст органічних речовин (ГДК_{БСК5} 1,5), амонійного (ГДК 1,2) та нітритного (ГДК 1,5) азоту, заліза загального (ГДК 13,7), нафтопродуктів (ГДК 1,9). Найвищий вміст органічних речовин (ГДК_{БСК5} 1,8), азоту амонійного (ГДК 3,4), заліза загального (ГДК 78,4, високий рівень забруднення), нафтопродуктів (ГДК 4,5) відзначені у районі 250м від скиду ВАТ МК «Азовсталь». Максимальний вміст нітритного азоту (ГДК 3,1) спостерігався у районі вугільної гавані ДП ММТП.

Дифузні джерела є суттєвим чинником забруднення морів, в основному змив територій населених пунктів та з сільськогосподарських угідь.

З активізацією міжнародного та національного судноплавства росте ризик забруднення акваторії Азовського моря, особливо при транспортуванні небезпечних речовин.

До значного забруднення акваторій портів та морських акваторій призводять: відсутність достатньої кількості належних портових споруд для обробки екологічно небезпечних вантажів та їх складування і низький рівень забезпеченості транспортних морських засобів систем утилізації твердих відходів та очищення побутових стоків.

Відсутність системи нагляду за транспортуванням небезпечних вантажів, незадовільне матеріальне забезпечення служб швидкого реагування на надзвичайні ситуації у морських водах, - вимагають створення систем швидкого реагування на них як на міжнародному, так і на національному рівнях та розроблення заходів з попередження виникнення аварійних ситуацій.

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL

На кордоні водоохоронної зони Чорного і Азовського морів накопичено значну кількість твердих промислових і побутових відходів. Забруднення підземних і поверхневих вод викликає технологічна недосконалість облаштування звалищ, а також створює загрозу погіршення стану здоров'я населення та санітарно-епідеміологічного стану, деградації рекреаційних ресурсів.

В літній період значне антропогенне навантаження на деяких ділянках рекреаційних зон призводить до порушення природного стану прибережних лісів, пляжів і луків та пониження їх рекреаційно-оздоровчого потенціалу.

Під час здійснення дноочисних і днопоглиблювальних робіт у морських акваторіях виникає переміщення великих обсягів донних відкладів, що призводить до забруднення морського середовища токсичними та завислими речовинами і деградації донних біоценозів. У 1998 році скинуто близько 2600м³ ґрунтів до підводних морських звалищ.

До зменшення кількості нерестовищ, місць нагулу, кормової бази, й існування риби та інших живих водних організмів призвела незбалансованість господарської діяльності у басейні Азовського моря. Нераціональне видобування морепродуктів та риби, незадовільне виконання заходів, спрямованих на їх розведення і відтворення, спричинило збіднення видового складу та згасання їх біологічної продуктивності. Ще, доволі ускладнює ситуацію у морях, наплив до екосистем екзотичних організмів, які пригнічують відтворення та розвиток туводної фауни та флори Чорного і Азовського морів.

В останні роки концентрація радонідів в Азовському морі перевищує ГДК у 12,6 рази, вміст фенолів перевищує нормативи у 7 разів.

Середній вміст фосфору у водах Азовського моря коливається від 10 до 40 мкг/л у районі південного узбережжя Криму, і це незважаючи на доволі значне скорочення обсягу використання пестицидів та мінеральних добрив у сільському господарстві. Вміст азоту в Азовському морі коливається від 20мкг/л до 400мкг/л.

За останні роки зросло забруднення стічних вод через умовно патогенну та патогенну мікрофлору, що призвело до значних змін у морському та прибережному середовищі, а саме: прозорість води зменшується більш ніж вдвічі (до 2-8м); зросла також кількість медуз і найпростіших, крім того рідкісних шкідливих організмів; ширина поясу дефіцитних водних макрофітів на березі зменшується до 3-5м; морські біологічні ресурси значно скорочені; популяції вищих ракоподібних і донних риб практично зникли, а популяції великих планктонних ракоподібних значно скоротилися; періодична задуха і масове вимирання бентосних біоценозів на великих площах (втрата донної фауни за останні 20 років досягла 60 млн. т, у тому числі риби - близько 3 млн. т); чисельність морських ссавців скоротилася майже в 20 разів; вилов риби в Азовському морі за останні 10 років зменшився в 5 разів.

Потенційні можливості виробництва морепродуктів шляхом аквакультурної діяльності використовуються недостатньо і їх розвиток разом із забезпеченням населення морепродуктами сприятиме відтворенню ресурсного потенціалу цього регіону та його сталому розвитку.

Близько 2,6 тис. км берегової лінії уражені інтенсивною ерозією та змивами. Це робить території непридатними для містобудування та розвитку туризму та негативно впливає на стан прибережних екосистем.

Україна втрачає (приблизно) 1,7 мільярда гривень на рік через забруднення морського середовища, нерівномірне використання морських природних ресурсів та відсутність інтегрованої системи управління використанням морських природних ресурсів.

Висновки. Азовське море, незважаючи на свою мілководність, має досить велике господарське значення для країни, насамперед через велику кількість промислових об'єктів. Але при цьому в морі та в його басейні наявні і різні червонокнижні види, видобуток яких заборонений, а збереження і відновлення яких є чи не найпріоритетним завданням.

Також, незважаючи на досить хорошу вивченість Азовського моря, в даний час існує ще чимало проблем його дослідження. Головна з них - прогноз майбутнього образу природи моря в умовах подальшого зниження річкового стоку і на цій основі розробка ефективних заходів по збереженню оптимального режиму моря. Визначальну роль в природних процесах в морі відіграє солоність, тому основна ланка комплексної проблеми - вивчення режиму солоності і вибір шляхів запобігання прогресуючого осолонення моря. В якості одного з шляхів вивчення Азовського моря намічається і здійснюється розробка економіко-екологічної моделі цієї водойми, яка пов'язує всі елементи природи і господарства моря і тим самим сприяє вирішенню комплексної проблеми цієї водойми. Окрім цього потрібно краще стежити за скидами і викидами стічних вод і забруднюючих речовин в акваторію моря, контролювати та швидко реагувати при виникненні подібних ситуацій.

РИБАЛОВА О.В., БРИГАДА О.В., ЛЬЇНСЬКИЙ О.В. (УКРАЇНА, ХАРКІВ)
**БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД
В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ**

*Національний університет цивільного захисту України
61023, вул. Чернишевська, 94, Харків, Україна; nucz@mn.gov.ua*

Abstract. The problem of wastewater treatment is exacerbated in small settlements with no sewerage networks and during natural or man-made emergencies. The development of natural low-cost measures to reduce the discharge of untreated wastewater into water bodies using industrial waste and waste tires is a very urgent task. The direction of the research work is the scientific substantiation of the need to introduce phytoremediation facilities using construction waste and waste tires as a filter nozzle for wastewater treatment in order to improve the ecological condition of surface and groundwater and increase the use of industrial waste, which is of practical value.

Сучасні проблеми забруднення навколишнього середовища та погіршення якості стічних вод у сільському господарстві та агропромисловому комплексі потребують надійних і стійких методів очищення. Біотехнологічні методи очищення стічних вод стають все більш перспективними в цьому контексті. ФітореMediaція є однією з ключових технологій у сфері екологічної інженерії, яка використовує рослини для очищення стічних вод і забруднених ділянок.

Дослідження вчених підтверджують, що використання методів фітореMediaції для очищення стічних вод дозволяє досягти видалення більше 80% важких металів. За даними Environmental Protection Agency (EPA), у 2022 році було впроваджено біотехнологічні методи очищення стічних вод у 30% агропромислових підприємств, що призвело до зниження забруднення водних ресурсів на 15%.

Проблема забруднення поверхневих вод скидами неочищених стічних вод в невеликих містах з відсутністю каналізаційних мереж є надзвичайно гострою і може стати причиною виникнення надзвичайних ситуацій у зв'язку з епідеміологічною небезпекою у разі збільшення інфекційної захворюваності населення внаслідок рекреаційного водокористування.

Метою представлено дослідження є зменшення забруднення водних екосистем шляхом впровадження технології фітореMediaції очищення стічних вод з використанням будівельних відходів і відпрацьованих автомобільних шин в якості фільтруючої насадки.

В селищах для невеликих обсягів стічних вод перспективним напрямком є використання фітотехнологій. Це сучасний тип невеликих очисних споруд, які включають в себе елементи піщано-гравійних фільтрів, полів фільтрації, у разі необхідності систем штучного поповнення підземних вод (ШППВ), що пристосовані для проходження повноцінного очищення стічних вод в умовах їх невеликих обсягів і відсутності каналізування населених пунктів.

Для очищення стічних вод невеликих населених пунктів, селищ або окремих будинків пропонуємо облаштування дренажних тунелів з використанням вторинних матеріалів (відпрацьованих автомобільних шин, базальтової крихти, гравію, тощо).

На підприємствах країни щорічно утворюється велика кількість відпрацьованих шин, це робить актуальним можливість їх повторного використання, зокрема як будівельного матеріалу, для укріплення водовідвідних каналів, облаштування споруд такого типу.

В лабораторних умовах проводились дослідження токсичності шин, які перебувають у перезволоженому ґрунті. Отримані дані свідчать, що зразки шин, які містили матеріали резини та металевий корд, не були токсичними для мікроорганізмів, що дає підставу для їх подальшого вторинного використання в підземних фільтруючих траншеях.

З фільтруючих траншей очищена вода може відводитись або у систему штучного поповнення підземних вод (ШППВ), або на доочищення на спорудах за технологією фітореMediaції переважно з чагарниковими посадками по поверхні.

Ефективність очищення стічних вод на таких спорудах становить: амоній 70–90%, нітрати 95–98%, фосфати 60–90%, важки метали 30–60%, кальцій, натрій та магній 10–15%, органічні забруднення (за ХСК та БСК₅) 85–95%, нафтопродукти 80–90%, мікрородорості 98–100% та знезараження 80–90%.

Впровадження автономних очисних споруд з елементами фітотехнологій для невеликих населених пунктів є дуже актуальним. Оскільки в проекті такої споруди відсутні будівлі, теплопостачання, водопровід, електросилове обладнання, будинки для обслуговуючого та лабораторного персоналу та інше – вартість розробки проекту зменшується у порівнянні з традиційними очисними спорудами з аналогічними вихідними характеристиками.

МАГАСЬ Н.І. (УКРАЇНА, МИКОЛАЇВ)

**АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЯК ПРІОРИТЕТНОГО
ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
54025, пр. Героїв України, 9, Миколаїв, Україна; nataly.magas@gmail.com*

Abstract. Ukraine is one of the countries with the lowest water availability. The main source of drinking water is surface water. The issue of finding promising and alternative sources of drinking water in the country is very relevant. The paper analyses the main problems of using groundwater as a priority source of domestic water supply.

Система водопостачання — це базова інфраструктура, складова екологічного успіху країни, розвитку населених пунктів. Від вирішення питання покращення системи водопостачання та якості питної води, залежить здоров'я населення і підтримання процесу життєдіяльності всіх базових структур. Актуальність цієї проблеми більше підсилюється в період воєнної агресії, але не приховує і тих проблем, з якими зіштовхувалася система водопостачання України і до повномасштабного вторгнення.

За загальними об'єми водоспоживання Україна випереджає багато європейських країн. Водночас забезпеченість якісною водою населення порівняно невисока (менше 1000 л/рік). Основним джерелом водозабезпечення великих населених пунктів є поверхневі води. Якість питної води повинна відповідати загальним гігієнічним вимогам: безпечність в епідеміологічному, токсикологічному, радіаційному відношеннях, сприятливі органолептичні властивості, оптимальний мінеральний склад. Альтернативним шляхом отримання чистої води є підземні джерела.

Метою даної роботи є аналіз можливостей та перспектив використання підземних вод як пріоритетного джерела питного та господарського водопостачання.

Для більшості країн Європи використання підземних вод сягає 90 %, що забезпечує задоволення потреб населення високоякісною питною водою. За даними Державної служби геології та надр на території України загальні прогностичні ресурси підземних вод становлять 61 689,2 тис. м³/добу, більше 93 % з яких з мінералізацією до 1,5 г/дм³. Забезпеченість прогностичними ресурсами питних підземних вод населення України по регіонах знаходиться в межах 0,3–5,5 тис. м³/добу, а в середньому — 1,3 тис. м³/добу на одну особу. Однак, підземні води розподілені по регіонах нерівномірно, що зумовлено відмінністю геології та фізико-географічних умов різних регіонів. Переважна частина прогностичних ресурсів зосереджена у північних та західних областях України, ресурси південного регіону обмежені.

На сьогоднішній день, міське водопостачання забезпечується в Україні за рахунок підземних вод лише на 25 %. Централізоване водопостачання в Україні наявне лише у 22 % сільського населення, решта користується водою з криниць.

Незадовільна якість артезіанських вод найчастіше проявляється підвищеним вмістом заліза, марганцю, солей жорсткості, загальної мінералізації, хлоридів, сульфатів, фтору, нітратів тощо. Така ситуація свідчить про необхідність надійного очищення та знезараження та доведення вихідної води до нормативних вимог на питну воду. Однак, на більшості артезіанських водопроводах очисні споруди або зовсім відсутні, або можуть видаляти з води лише залізо та марганець.

Проблемним питанням на сьогоднішній день, що викликано руйнуванням водозаборів та водогонів внаслідок воєнних дій в країні, є неконтрольоване буріння артезіанських свердловин у населених пунктах. Такі дії проводяться без геологічної розвідки, оцінки, дозволів і погодження з відповідними органами. Забиранням води з підземних вододжерел здійснюється за відсутність зон санітарної охорони, необхідного комплексу очисних споруд, знезаражуючих установок.

З метою збереження підземних вод Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України ініційовано Правила охорони підземних вод, затверджені наказом Міндовкілля від 10 травня 2023 року № 304. Правила встановлюють вимоги та заходи з охорони, захисту від забруднення, засмічення, вичерпання, виснаження підземних вод. Однак, ще не вирішеними залишаються питання до нормативного регулювання і дієвості Правил.

Висновки. На основі проведеного аналізу встановлено, що збільшення використання підземних вод для водопостачання у населених пунктах неможливе через їхню обмеженість, нерівномірність розподілу, незахищеність від зовнішніх впливів різного характеру та забруднення, особливо в техногенно перевантажених регіонах. Обов'язковою умовою для їхнього використання є реалізація заходів надійної охорони джерел питного водопостачання, впровадження нових сучасних технологій доочищення води.

**A SIMULATION OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BIOSORPTION
PROCESS OF COPPER IONS BY ALGINATES**

*Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
Poland; ilona.trawczynska@pbs.edu.pl*

Abstract. Based on the theory of differential equations in partial derivatives created a mathematical model of the biosorption process of copper ions by alginates. The aim of this study is to predict the effectiveness of the process for the planned process temperature values. The study determined the effective diffusion coefficient De values depending on the process parameters: temperature (T) and pH (P) of copper solutions and the alginate content (C) in the granules.

The model equation in terms of effective diffusion coefficient is:

$$De = 1.06 + 0.31T - 0.18P - 0.18C - 0.05T^2 + 0.05P^2 + 0.06C^2 - 0.02T \cdot P - 0.05T \cdot C + 0.05P \cdot C \quad (1)$$

This equation (1) was used to simulate the biosorption process. Assuming $T = \text{const}$, the number of unknowns in the equation decreases to two, therefore P and C values and the corresponding De^T (i.e. maximum catalase activity) can be calculated using analytical methods. In the first stage of the work, first-order partial derivatives with respect to P and C were determined.

$$De/dP = -0.18 + 0.1P - 0.02T + 0.05C \quad (2)$$

$$De/dC = -0.18 + 0.12C - 0.05T + 0.05P \quad (3)$$

Then, the determined derivatives were equalized to zero to create appropriate systems of equations. Their solution are stationary points with coordinates (P,C) suspected of extremum. The final formulas for calculating the P and C for biosorption process carried out at a set temperature are given:

$$P = -0.010T + 1.326 \quad (4)$$

$$C = 0.947 + 0.421T \quad (5)$$

The second-order derivatives were calculated and appropriate determinants were created. The determinants for stationary points were calculated and on their basis it was checked whether there is an extremum in the points. Then, based on the values of second-order derivatives at stationary points, the type of extremum was determined. The condition for the existence of a maximum has been met, i.e. the value of the determinant is higher than zero and the value of the second-order derivatives is lower than zero). De was then calculated by substituting the determined P and C values into the proposed mathematical models.

Results. Due to the costs associated with the cooling step, it is often required to conduct processes at a temperature close to ambient temperature. Based on the above-mentioned equations, De was calculated in the temperature range of 20÷25°C. In order to determine how much the effective diffusion coefficient will decrease when optimal temperatures are abandoned, the formula for the efficiency of the biosorption process was used:

$$\eta = \frac{De^T}{De_{opt}} \cdot 100\% \quad (6)$$

Where: De^T - the effective diffusion coefficient at a specific temperature, De_{opt} - the effective diffusion coefficient under optimal conditions, $2.42 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. The efficiency of the biosorption process was calculated for the set temperatures and the results are summarized in the Table 1.

Table 1

Summary of De and η values for biosorption at set process temperatures

Temperature [°C]	$De^T \cdot 10^{-9} [\text{m}^2/\text{s}]$	η [%]
20	0.55	23
21	0.58	24
22	0.61	25
23	0.62	26
24	0.65	27
25	0.67	28

Conclusion. The estimated effective diffusion coefficient at a specific temperature close to ambient temperature, form a narrow range of values. The lowest value ($0.55 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) is four times smaller than De_{opt} .

MOSIICHUK A., MOSIICHUK Y. (UKRAINE, KYIV)
**TYPICAL EXAMPLE OF THE PROCESS OF ZERO DISCHARGE
OF SEWAGE SLUDGE**

*Institute of Water Problems and Land Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences
37, Vasylkivska St., Kyiv, Ukraine 03022
e-mail: iwvim.naan@gmail.com*

Abstract. Based on the known methods of sewage sludge treatment, a typical example of zero discharge of sewage sludge has been established. The main components of wastewater sludge treatment processes with maximum recovery of resources such as energy and nutrients while minimizing environmental impact are identified. The research is part of the introduction of sewage sludge stabilization technology.

A typical example of a zero discharge of sewage sludge process is a wastewater treatment method that aims to eliminate the discharge of treated sludge into the environment, ensuring that no liquid or solid waste is released from the treatment facility. Achieving zero discharge of sewage sludge often involves advanced treatment technologies and resource recovery.

First, the solids are separated from the treated wastewater. This can be achieved through sedimentation or mechanical separation processes like centrifugation or belt filter presses.

Then, the separated sludge undergoes treatment to achieve a zero effluent discharge.

Common methods include:

a. **Anaerobic Digestion:** Sludge is digested anaerobically to stabilize organic matter and produce biogas, which can be used for energy generation. A conversion occurs of complex organic compounds in sludge into simpler compounds, biogas (mainly methane), and stabilized solids. For anaerobic digestion, Biogas Potential (BGP) can be calculated using the formula: $BGP = VS_{in} \times \text{Biogas Yield}$, where VS_{in} is the volatile solids in the influent sludge, and Biogas Yield is the specific methane yield of the sludge.

b. **Aerobic Digestion:** In aerobic digestion, sludge is treated with oxygen to support the growth of aerobic microorganisms. This process reduces the organic content and pathogens in sludge. The oxygen demand in aerobic digestion can be estimated using $\text{Oxygen Demand} = COD_{in} - COD_{out}$, where COD_{in} is the chemical oxygen demand of influent sludge, and COD_{out} is the chemical oxygen demand of effluent sludge.

c. **Alkaline Stabilization:** Alkaline stabilization involves adding alkaline agents like lime to the sludge. This raises the pH, reduces pathogens, and controls odors. It also enhances the dewatering characteristics of the sludge. The pH adjustment is done based on target pH levels suitable for pathogen reduction.

Stabilization reduces the number of harmful pathogens in the sludge, making it safer for handling and potential reuse. Stabilization processes can significantly reduce the foul odors associated with untreated sludge. Stabilization processes often lead to a decrease in the volume and weight of sludge, which can reduce disposal costs. Anaerobic digestion and composting can produce biogas or nutrient-rich compost, which can be beneficially reused. Many environmental regulations require sludge stabilization to ensure safe disposal or land application.

Overall, the choice of sludge stabilization method depends on factors such as the characteristics of the sludge, regulatory requirements, available resources, and the desired end use of the treated sludge. Proper stabilization is essential to minimize environmental risks and maximize resource recovery from sewage sludge.

d. **Thermal Treatment (Incineration):** Sludge is incinerated at high temperatures to reduce its volume and destroy pathogens. Energy is often recovered from the combustion process. The power generated from incineration can be calculated as $\text{Energy (kWh)} = \text{Mass of Sludge (kg)} \times \text{Heating Value of Sludge (kJ/kg)}$.

e. **Composting:** Sludge is composted to produce a stable, nutrient-rich soil conditioner. It involves maintaining specific conditions (e.g., temperature, moisture, C/N ratio) to facilitate the breakdown of organic materials into stable humus-like compounds. While there are no exact formulas for composting, monitoring parameters such as temperature, moisture content, and C/N ratio are crucial to ensure proper composting.

Composting involves monitoring parameters such as temperature, moisture content, and C/N (carbon-to-nitrogen) ratio to ensure efficient decomposition. The C/N ratio should be maintained in an optimal range (around 25-30) for efficient composting.

The nutrient content in the sludge, especially nitrogen (N) and phosphorus (P), should be quantified through laboratory analysis. Rates for land application can be calculated based on crop nutrient requirements and the nutrient content of the sludge.

Combining these treatment steps and technologies allows a zero discharge of sewage sludge process to be designed and operated effectively. The focus is maximizing resource recovery, such as energy and nutrients while minimizing environmental impacts through carefully managing and treating the sludge generated during wastewater treatment.

ПАСТЕРНАК О.М.¹, МІТЮШКІНА Х.С.¹, АРУСТАМЯН Е.М.², БОНДАРЬ В.І.³,
ПЕТРУШКА І.М.⁴, МОКРИЙ В.І.⁴ (УКРАЇНА, КИЇВ, ЛЬВІВ)
ВПЛИВ ВІЙНИ НА ВОДОПРОВІДНІ І КАНАЛІЗАЦІЙНІ МЕРЕЖІ МАРІУПОЛЯ

¹Маріупольський державний університет

02000, вул. Преображенська, 6/4, Київ, Україна; info@tdu.in.ua

²Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України

03035, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, Київ, Україна; info@terpr.gov.ua

³Національний університет біоресурсів і природокористування України»

03041, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, Україна; plantprotect_dean@nubip.edu

⁴Національний університет «Львівська політехніка»

79000, вул. Степана Бандери, Львів, Україна; istr.dept@lpnu.ua

Abstract. The information on the consequences of the destruction of engineering communications of the city utility, water supply and drainage, infrastructure of Mariupol as a result of the temporary occupation was analyzed. The manifestation of environmental risks and threats to people and the environment is systematized. It is proposed to form an information base of a full-fledged environmental audit after the de-occupation of Mariupol, which will become the actual evidence base of the war crimes of the Russian invaders against the people of Mariupol and Ukraine.

Маріуполь – велике промислове місто, яке і до війни мало істотні екологічні проблеми, що накопичувались роками, було майже вщент зруйноване росіянами навесні 2022 р. Ці руйнування позначились і на екологічному стані міста. Поки Маріуполь тимчасово окупований, оцінити масштаб трагедії без збору проб ґрунтів, води, майже неможливо.

Мета дослідження – аналіз інформації про наслідки руйнувань інженерних комунікацій міського комунального господарства та інфраструктури Маріуполя внаслідок тимчасової окупації, з подальшою систематизацією проявів екологічних ризиків і загроз для людей і довкілля.

Результати виконаних досліджень полягають у попередній, приблизній оцінці наслідків для довкілля воєнних дій та злочинів росіян в Маріуполі, виконаній за матеріалами інформаційних джерел у вільному доступі. Маріуполь сьогодні – це руїни житлових будинків, могили мирних мешканців, розбита інфраструктура, перебиті труби водопостачання та газопостачання, зруйновані трансформаторні підстанції, насоси, обірвані дроти ліній електропередач. Це місто, в якому немає нормального водопостачання, електропостачання та газопостачання, не працює каналізація.

До війни головною проблемою міста, з точки зору екології, були викиди двох металургійних комбінатів. Після майже повного знищення міської інфраструктури та промисловості російськими бомбами, на горизонті з'явилися більш загрозливі проблеми. Якщо у ситуації з промисловими викидами йшлося про довгостроковий вплив викидів на здоров'я та життя мешканців міста, то зараз є загроза короткострокового небезпечного впливу. Одна з проблем, це потрапляння трупиної отрути, бактерій, мікобактерій туберкульозу та інших збудників захворювань у водопровідну систему міста.

Більшість насосних станцій перекачування каналізаційних стоків (КНС) була цілеспрямовано зруйнована окупантами з перших днів оточення Маріуполя. Відсутність електроенергії не давала можливості працювати тим насосам, які залишилися непошкодженими. Зараз частина стоків затоплює нижні точки, куди потрапляє самопливом. Це місця, де знаходяться станції перекачування каналізаційних стоків. Затоплення КНС спричинить неможливість ремонту та відновлення обладнання. Зі спробами окупантів відновити водопостачання вода через пошкодження у трубах почне змішуватися з фекальними стоками, а тоді вже зараженою рухатиметься далі до людей. Ситуація з очищенням води проблемна. Більшість стоків взагалі не дійдуть до станції біологічного очищення стоків (СБОС), бо не працюють КНС, які прокачували стоки вгору до цієї станції. І навіть ті стоки, які самопливом доходять до СБОС, імовірно, не зможуть бути очищені, оскільки не відомо, чи вціліла ця станція після обстрілів.

Висновки та перспективи подальших досліджень передбачають формування інформаційної бази повноцінного екологічного аудиту після деокупації Маріуполя, що стане фактичною доказовою базою військових злочинів російських загарбників проти маріупольців та України. Навіть приблизні результати попереднього дослідження говорять, що першочерговою справою держави після деокупації міста має бути комплексний аналіз та створення безпечного середовища для життя людей. Успішна відбудова Маріуполя та відновлення його екологічного стану реальні, якщо Україна зможе залучити не тільки фінансову допомогу та виплати на репарації від країни-агресора, але й технічну та експертну допомогу від союзників.

KHRUSHCHYK Kh.^{1,2}, SEMENIUK M.¹, KORDAN V.¹, BALIN K.², HERTSYK O.¹,
 GOLBA S.², KAROLUS M.², BOICHYSHYN L.¹, SLYVKA Yu.¹
 (UKRAINA, LVIV; POLAND, CHORZOW)

**EFFECT OF SHORT HEAT TREATMENT OF AMORPHOUS METAL ALLOY
 AL₈₇GD₅NI₄FE₄ ON DECOLORIZATION OF DYES**

¹Ivan Franko National University of Lviv, Faculty of Chemistry, Department of Physical and Colloid Chemistry, 6 Kyryla i Mefodiya Str., Lviv, 79005, Ukraine

²Institute of Materials Engineering, Faculty of Science and Technology, 75 Pulku Piechoty 1A, Chorzow, 41-500, Poland

khrystyna.khrushchychk@us.edu.pl

Abstract. The authors [1] describes the negative impact of synthetic dyes on the human body (e.g. negative impacts of textile dyes on human health from dermatitis to central nervous system, digestive system, renal system, etc.) and flora and fauna in general. Therefore, it is important to use a fast, inexpensive and reliable way of decomposing dyes in waste.

It was established that the change in the structure of the amorphous metal alloy (AMA) as a result of heat treatment of the amorphous metal alloy Al₈₇Gd₅Ni₄Fe₄ at T=645 ± 1 K significantly affects the decolorization of the aniline dye Basic Blue 6/ Mendola Blue (BB6/MB) at pH=2. The BB6 solution with a concentration of 4.39 μM was decolorized by 99.43-99.55% within 27 hours, in the case of annealed AMAs for 30, 45, 60 min., which is 1.5 times more effective than in the case of as-cast AMA. Changing in the AMA structure due to annealing was established by X-ray analysis; kinetic analysis was performed based on experimental data and the kinetic parameters (k_{obs}, t_{1/2}, k_{sa}, etc.) of the BB6 decolorization reaction were calculated. The surface of AMAs after reaction with aniline dye BB6 and the proposed scheme of decolorization of dye BB6 using AMAs Al₈₇Gd₅Ni₄Fe₄ were suggested.

AMAs of the following composition: Al₈₇Gd₅Ni₄Fe₄, Al₈₇Y₄Gd₁Ni₄Fe₄ in the form of ribbons with a thickness and width of 20–25 μm and 3 mm, respectively, which were obtained at the Institute of Metallurgy of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv) by the method of melt-spinning in helium atmosphere on a copper drum rotating at a speed of ~ 30 m/s. The kinetic of destruction of aniline dye (C₁₈H₁₅ClN₂O hereafter named Basic Blue 6, BB6) were carried out in aqueous solutions with concentrations of 4.39 μM was prepared by dissolving the dye powders with deionized water and pH= 2±0.05 (the pH was adjusted with 1 M HCl). The working area of each AMAs equal to 1cm², with a size of 10 mm×5 mm×0.035 mm with a specific surface area of about 0.0058(1) m²/g. The solution was not stirred during degradation. 2 mL solution was extracted each time for ultraviolet-visible absorption spectrophotometer (WPA Bioware II) test to measure the concentration decay of solutions.

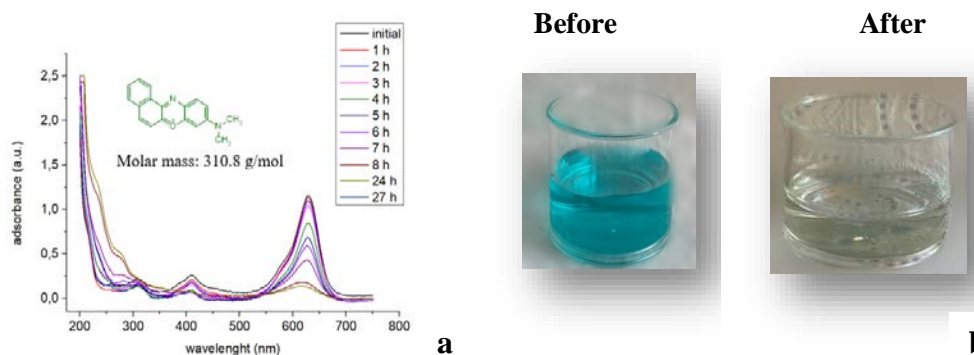


Fig. 1. (a) Chemical information, structure characteristics and UV– spectrum of Basic Blue 6 at pH=2; (b) Changes in the color of BB6 after the decolorization reaction using AMAs during 27 hours.

[1] A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety/ Al-Tohamy, Sameh S. Ali, Fanghua Li, Kamal M. Okasha, Yehia A.G. Mahmoud, Tamer Elsamahy, Haixin Jiao, Yinyi Fu, Jianzhong Sun//Ecotoxicology and Environmental Safety. 2022.-Vol.231-P. 113160.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>

ГЛАМАЗДІН П.М., ГАБА К.О. (УКРАЇНА, КИЇВ)
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ,
 МОДИФІКОВАНОЇ ЕФІРАМИ ЖИРНИХ КИСЛОТ**

*Київський національний університет будівництва і архітектури
 03037, пр-т Повітрофлотський, 31, Київ, Україна, knuba@edu.ua*

Abstract. The technology of processing the raw water of centralized heat supply systems by modifying it with surface-active substances is being investigated. Experimental studies were conducted to determine the change in thermophysical properties of water during its modification with fatty acid esters. A study of such thermophysical properties as density, viscosity, heat capacity, thermal conductivity was carried out. As a result of the study, data were obtained that allow us to assess the influence of water modification on the heat exchange process.

Важке становище систем централізованого теплопостачання (СЦТ) в Україні змушує теплопостачаючі організації шукати шляхи подолання кризи підвищенням енергоефективності технологій, що використовуються в СЦТ. Однією з важливих підсистем, що входить до складу СЦТ є системи підготування води. Традиційні системи іонного обміну задля пом'якшення води та термічною деаерації у вигляді вакуумної технології або атмосферної деаерації є на сьогодні занадто ресурсо та енерговитратними.

Експлуатаційники наполегливо випробують різні новітні технології обробки вихідної «сирої» води. Деякі з них є цілком прийнятні з точки зору надійної експлуатації, але занадто дорогі. Інші мають несприйнятливий екологічний наслідок при їх експлуатації.

Серед нових пропозицій чільне місце займає додавання у вихідну воду різних поверхнево-активних речовин (ПАР). Метод достатньо простий в реалізації, але і він має недоліки. Серед них є той факт, що вже апробовані для модифікації води ПАР мають, хоча і невеликий, але вплив на водне середовище - III ступінь екологічної безпеки.

Автори знайшли іншу ПАР, яка дозволяє вирішити проблеми нейтралізації корозійної дії розчинених у воді агресивних газів та появи відкладень на робочих поверхнях нагріву в котлах та теплообмінниках СЦТ. При цьому запропонований ефір жирних кислот – триетаноламін має IV ступінь екологічної безпеки, тобто його використання не несе ніякої загрози водному середовищу. Однак виникає питання відносно впливу модифікованої води на перебіг теплообмінних процесів в елементах систем через зміни у складі води як теплоносія.

На інтенсивність теплообміну в елементах СЦТ при вимушеній конвекції як механізму теплообміну в основному впливають чотири показники теплоносія: густина, в'язкість, теплопровідність та теплоємність, що витікає з основного рівняння теплообміну

$$Nu = c \cdot Re^n \cdot Pr_g^m \left(\frac{Pr_g}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (1)$$

де Nu, Re, Pr_g, Pr_{cm} – безрозмірні числа подібності; c, m, n – коефіцієнти, які залежать від умов протікання процесу теплообміну.

З метою визначення впливу на теплообмін названих показників авторами було проведено серію експериментальних досліджень для визначення зміни показників води при її модифікації триетаноламіном. При цьому дослідження проводились в діапазоні температур, які характерні для роботи теплообмінного обладнання в системах теплопостачання – 60 - 95°C. В результаті дослідження було отримано наступні дані, що дозволяють оцінити вплив модифікації води на процес теплообміну.

Важливі для даного дослідження теплофізичні властивості змінюються наступним чином при додаванні ПАР у кількості від 5 до 20 мг/м³: густина фактично не змінюється, залишається у межах похибки вимірювання, теплоємність змінюється на 8 %, теплопровідність на 5%, і найбільше змінюється в'язкість – на 20% і більше. При підвищенні концентрації у межах дослідженого діапазону найбільше зростає в'язкість. Залежність від температури повторюється для всіх властивостей крім в'язкості. Остання при збереженні загального ходу залежності виявляє зменшення впливу концентрації ТЕА при зростанні температури.

Виявлені залежності показали необхідність дослідження впливу зміни теплофізичних властивостей модифікованої води на інтенсивність теплообміну в елементах ЦСТ.

ГАРКУША М.В. (УКРАЇНА, КИЇВ)

**ВПЛИВ ПОШКОДЖЕНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ТРАНСПОРТНОГО
БУДІВНИЦТВА З ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ НА НАВКОЛИШНЄ
СЕРЕДОВИЩЕ**

Національний транспортний університет

01010, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, Київ, Україна; mykola.harkusha@ntu.edu.ua

Abstract. Hydraulic structures of transport construction from road culverts are used to pass water under roadways and other structures. Metal corrosion, as well as operational strength, has a great influence on the durability of hydraulic structures of transport construction from road culverts. The paper analyzes the destruction of road culverts and measures to prevent the destruction.

Гідротехнічні споруди транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб використовуються для пропускання води під проїзними частинами та іншими спорудами. Гідротехнічні споруди транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб є наймасовішими штучними спорудами та одними з найважливіших конструктивних елементів автомобільних і залізних доріг. Від їх належного функціонування залежить загальний стан дороги і забезпечення безпечного руху по ній транспорту. В Україні незадовільний або аварійний стан мають понад 40 % всіх дорожніх водопропускних труб. Із літературного аналізу встановлено, що дорожні водопропускні труби перебувають у складних умовах експлуатації, що є причиною їх передчасного руйнування.

Гідротехнічні споруди транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб, що виготовлені з металу є перспективними видами споруд, для зведення яких необхідно мінімум часу, матеріалів та витрат людської праці, маючи при цьому великі переваги з альтернативними конструкціями та нерідко застосовуються як малі та середні мости.

Однією з причин передчасного руйнування дорожньої водопропускної труби є корозія металу, а також відсутність сучасних підходів аналізу та врахування корозійного пошкодження водопропускної труби на її подальшу надійність та довговічність.

Економічні розрахунки наслідків корозії дорожніх водопропускних труб свідчать, що вона є справжньою економічною та екологічною проблеми. Дослідження проведені в 1949 році в США свідчать, що витрати на боротьбу та наслідки корозії еквівалентні 2,5 % ВВП США. В 2016 році Національна асоціація інженерів з корозії (NACE) опублікувала документ про витрати на боротьбу з корозією та її наслідки, оцінивши, що у 2013 році світові витрати на корозію металу склали 2,5 трлн доларів США, що еквівалентно 3,4 % світового ВВП. В роботі [1] зазначається, що використання методів боротьби з корозією може заощадити від 15 % до 35 % вартості конструкції.

Корозія металу, як і експлуатаційна міцність, має великий вплив на довговічність гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб.

Так, наприклад, в 2013 році в місті Кенморі, Альберта (Канада) внаслідок тривалих сильних дощів сталася велика повінь та було зруйновано практично всі малі мости та водопропускні труби, було завдано збитків, щонайменше на 6 мільйонів канадських доларів (рис. 1). При аналізі та дослідженні водопропускних труб було виявлено недоліки з проектування, значною корозією окремих елементів, а також неефективність гасників енергії, в тому числі за рахунок гідравлічного стрибка, що спричинило руйнування.

Крім того при аналізі причин таких руйнувань встановлено, що однією з причин руйнувань також є недостатня вивченість місцевого стоку або недооблік його особливостей. Це веде до неузгодженості водного режиму та пропускної спроможності їх гідротехнічними спорудами.

Потік, що виходить із гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб у нижній б'єф володіє швидкостями, що в кілька разів перевищують нерозмивну швидкість для ґрунтів відповідного русла. Для запобігання розмиву споруди з боку нижнього б'єфу, що працює в таких умовах, передбачається влаштування гасників надлишкової кінетичної енергії потоку. Розрахунок конструктивних елементів гасників, як правило, ведеться на пропуск однієї розрахункової витрати води, що визначається за даними гідрологічних спостережень. Гідрологічні розрахунки базуються на імовірнісному підході, тому є наближеними, а значить, існує і ймовірність перевищення витрат, що пропускається над розрахунковим.



Рис. 1. Результати повені в канадському місті Кенморі (а, б)

Аналіз конструкцій водопропускних споруд показав, що в більшості випадків ширина русла в нижньому б'єфі в кілька разів більша ширини водопровідного тракту, що зумовлює просторовий характер руху потоку в ньому і крайню нерівномірність розподілу питомих витрат. Характер просторового руху водного потоку в нижньому б'єфі, що розширюється, залежить, в першу чергу, від глибини води в ньому і гідравлічних характеристик потоку у вихідному перерізі зі споруди. Залежно від побутової (природної) глибини потоку у відповідному руслі можливі три форми сполучення потоку, що виходить із споруди з побутовим потоком у широкому нижньому б'єфі:

- спряження за типом затопленого струменя;
- спряження за типом збійної течії;
- спряження за типом вільного розтікання.

Особлива складність в експлуатації таких споруд полягає в тому, що потік, що підходить до косоїрної труби, аварійного водоскиду системи дорожнього водовідведення або аналогічним їм, насичений наносами та сміттям, що негативно впливає не лише на експлуатацію та утримання споруди, але й на безпеку та життєдіяльність людей в тому числі і на екологічну ситуацію в регіоні. Це викликає необхідність передбачити заходи щодо захисту конструктивних елементів у нижньому б'єфі споруди від абразивного зносу, занесення великоуламковим матеріалом, забезпечити перепустку плаваючих тіл.

[1] Koch, G.; Varney, J.; Thompson, N.; Moghissi, O.; Gould, M.; Payer, J. International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study; National Association of Corrosion Engineers (NACE) International: Houston, TX, USA, 2016.

**МАКОВСЬКИЙ Є.С., ЖУК В.М. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
ВИДИ ЗАВАНТАЖЕНЬ СОРБЦІЙНИХ ФІЛЬТРІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ
ДООЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ СТІЧНИХ ВОД**

*Національний університет "Львівська політехніка"
79013, вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна; makovskyu@gmail.com*

Abstract. Sorption filters are the most widespread method of tertiary treatment of the surface runoff from urbanized catchments. The most environmentally hazardous in the surface runoff are oil products and heavy metal ions, which are strong toxicants and whose content in natural water bodies is strictly limited by both Ukrainian and European environmental regulations. Sorption filters are characterized by a number of parameters, including the specific hydraulic resistance, the rate of pollutant sorption, and specific mass exchange capacity, mainly by the suspended solids and oil products. These parameters depend mainly on the type, composition, spatial and surface structure of sorption material, which are the subject of analysis in this study.

Поверхневий стік з урбанізованих територій становить суттєву загрозу забруднення поверхневих та підземних вод. Найбільшу небезпеку для довкілля в складі поверхневого стоку становлять нафтопродукти та іони важких металів, які є сильними токсикантами та вміст яких у природних водах строго обмежується як українським, так і європейським природоохоронним законодавством. Зокрема, в Україні згідно з "Методичними рекомендаціями з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами" гранично допустима концентрація (ГДК) нафтопродуктів становить 0,3 мг/л для господарсько-побутових водних об'єктів та 0,05 мг/л для рибогосподарських; у країнах ЄС згідно вимог "Council Directive 74/440/EEC concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water" ГДК розчинних чи емульсованих вуглеводнів (після екстракції петролейним ефіром) становить 1 мг/л для водойм категорії А3, 0,2 мг/л для категорії А2 та 0,05 мг/л для категорії А1. Враховуючи особливо високі вимоги до ефекту очищення за нафтопродуктами, а також їх високі початкові концентрації у поверхневих стічних вод із забудованих територій, у більшості випадків виникає необхідність у глибокому доочищенні поверхневих стічних вод. Найчастіше у конвенційних схемах очищення нафтовмісних стоків таке доочищення реалізується методами сорбції або озонування.

Сорбційне доочищення здійснюють фільтруванням попередньо механічно та фізико-хімічно очищеного поверхневого стоку через сорбційні фільтри різних типів з різноманітними видами сорбційного завантаження. Вибір оптимального матеріалу завантаження сорбційних фільтрів, його робочої щільності, способу компонування у фільтрувальні блоки залишається предметом інтенсивних науково-практичних пошуків та досліджень. Сорбційні завантаження характеризуються комплексом технологічних параметрів, серед яких питома швидкість сорбції забруднень на одиницю площу чи об'єму сорбента за одиницю часу, питомий гідравлічний опір, брудомісткість за різними показниками забруднення, у першу чергу, за завислими речовинами та нафтопродуктами. Усі ці параметри залежать, головним чином, від виду, складу, просторової та поверхневої структури сорбційного завантаження, і є предметом аналізу в цій роботі.

Найбільш загальна класифікація сорбційних фільтрів для доочищення поверхневих стічних вод полягає в їх поділі за походженням фільтрувального завантаження: з природного, штучного чи синтетичного матеріалу. У табл. 1 наведені основні технологічні параметри найпоширеніших та найефективніших сорбентів нафтопродуктів.

До природних сорбційних матеріалів належать різноманітні матеріали рослинного та тваринного походження. Особливе розмаїття матеріалів цієї групи зумовлене поширенням тих чи інших рослин у різних кліматичних зонах, а також інтенцією до використання найпоширеніших місцевих матеріалів, які є відходами аграрного виробництва та максимально доступні протягом року. Питома сорбційна здатність природних сорбентів знаходиться в межах 1,7–14,8 г нафтопродуктів на 1 г сорбенту, з досить чіткою кореляцією між ефективністю та вартістю сорбційного матеріалу.

Серед штучних і синтетичних сорбентів, які на сьогодні отримали найширше застосування, максимальну питому сорбційну здатність мають пресоване базальтове волокно, пінополіуретани, а також поліпропіленові та поліетилентерефталатні (ПЕТ) волокна. Питома сорбційна здатність більшості штучних та синтетичних сорбентів є суттєво вищою, ніж у природних матеріалів, досягаючи показників у 35–40 г нафтопродуктів на 1 г сорбенту (табл. 1).

Параметри волоконних сорбентів при очищенні стічних вод від нафтопродуктів

Сорбент	Вид обробки сорбенту	Водопоглинення, г води на 1 г сорбенту	Сорбційна здатність, г нафтопродуктів на 1 г сорбенту
Природні сорбенти			
Деревна тирса	сушіння	4,3	1,7–6,0
Листя очерету	сушіння	4,6	6,1
Солома пшенична	сушіння	4,3	4,1
Солома ячменю	сушіння	3	7–8,5
	карбонізація при 400 °С	1,9–3,5	8,5–9
Шерсть (відходи)	сушіння	4,5	5,6–14,8
Синтетичні та штучні сорбенти			
Базальтове волокно	екструзія	0,5	37
Лавсан (ПЕТ), волокно	екструзія	4,3–13,9	4,7–14,1
Пінополістирол, волокно	екструзія	6–11,5	7–12
Пінополіуретан	спінювання	1,3–25,9	14,5–35,2
Поліпропілен, волокно	екструзія	2–8	12–40
Шини подрібнені	механічна	7,2	3,6

За допомогою сорбційних фільтрів зі штучними сорбентами, які мають високий коефіцієнт адсорбції до гідрофобних речовин, таких як нафта, дизельне паливо та мастила, можна дієво видаляти нафтопродукти з поверхневих стічних вод.

Потрібно зазначити, що ефективність видалення різних видів нафтопродуктів одним і тим самим сорбентом зазвичай суттєво відрізняється. Варіативність поверхневого стоку за складом та за концентрацією різних видів нафтопродуктів ускладнює проблему вибору фільтрувального сорбційного завантаження, яке було б максимально ефективним протягом всього терміну експлуатації для конкретного урбанізованого басейна стоку. Фахівці Компанії "Акваполімер Інжиніринг" (м. Львів, Україна) у тісній співпраці з науковцями НУ "Львівська політехніка" виконують систематичні натурні дослідження ефективності сорбційних завантажень, виготовлених із сучасних синтетичних матеріалів, зокрема різних видів поліефірних волокон та пінополістиролу. Ключовими показниками ефективності окрім питомої нафтомісткості сорбента прийнято технологічні параметри, зокрема зручність, швидкість та ефективність регенерації сорбційних блоків. Гіпотеза полягає в створенні нових комбінованих видів завантаження, які поєднують як різні синтетичні матеріали, так і включають добавки штучних та місцевих природних сорбційних матеріалів, поєднуючи переваги різних складових та забезпечуючи належний ефект очищення за найпоширенішими у поверхневих стічних водах видами нафтопродуктів.

Оптимальний вибір сорбента є ключовим фактором; він повинен мати достатньо високий коефіцієнт сорбції для всіх типів нафтопродуктів, які, за статистикою, переважають у поверхневому стоці з конкретного виду урбанізованих басейнів стоку. Вибір оптимального варіанту конструкційної схеми сорбційних фільтрів окрім характеристик поверхні стоку повинен базуватися також на розрахунковій витраті та нерівномірності притоку стічних вод у часі.

Основним експлуатаційним параметром сорбційних фільтрів є періодичність очищення (регенерації) сорбційних модулів, а також терміни їх заміни з метою як підтримання стабільно високої ефективності доочищення поверхневого стоку, так і для недопущення надмірної кольматації фільтрів та, відповідно, порушення гідравлічних режимів роботи фільтрів. Гідравлічна система моніторингу дозволяє за різницею рівнів до та після сорбційного фільтра контролювати його гідравлічний опір та запобігати переповненню вхідної камери за нормальних, менших за номінальну, витрат притоку. Неперервний онлайн-контроль сорбуючої здатності фільтра набагато складніший в реалізації та більш затратний, оскільки вимагає встановлення автоматичних пробовідбірників та аналізаторів проб, що доцільне лише на великих та особливо відповідальних об'єктах. На переважній більшості малих установок з очищення поверхневого стоку доцільніше нормативний термін регенерації сорбційних модулів встановлювати з врахуванням відповідного науково-обґрунтованого коефіцієнта запасу, що є функцією як нерівномірності в часі об'ємів поверхневого стоку, так і вмісту в ньому основних показників забруднення. Проведення регенерації сорбційних фільтрів залежить від виду затриманих забруднень, і механічне видалення забруднень з поверхні, розкриття сорбційного модуля або його промивку, яку проводять або чистою водою, або спеціальними регенераційними розчинами. Регенерацію у цьому випадку виконують методом занурення фільтра у регенераційний розчин, що спричиняє додаткові експлуатаційні затрати, і також має бути враховане в техніко-економічному обґрунтуванні при виборі типу завантаження сорбційних фільтрів.

**БУТЕНКО Е.О., ВОЛОШИН В.С. (УКРАЇНА, МАРІУПОЛЬ, ДНІПРО)
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

*Приазовський Державний Технічний Університет
49000, пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, Україна; butenko_e_o@pstu.edu*

Abstract. Based on the theory of differential equations in partial derivatives (unsteady Navier-Stokes equations for compressed gas) created a mathematical model of the generation and application of multiphase dispersed structures to ensure an acceptable level of technogenic and ecological safety for broad spectrum of certain natural and anthropogenic danger factors. The numerical modeling of these processes is carried out. The research is part of the creation and implementation of an appropriate environmental safety management system.

Побудова структурованого середовища, яке б визначало чіткі механізми сталого розвитку України є одним із ключових пріоритетів. У процесі господарської діяльності сучасне суспільство споживає чимала кількість води, більша частина якої в результаті стає забрудненою різними речовинами. При їх попаданні в навколишнє середовище екології завдається величезних збитків, і тому вони підлягають обов'язковому очищенню. Щоб її забезпечити, необхідно використати спеціальне обладнання та технологічні комплекси, за допомогою яких досягаються встановлені нормативи забруднення стоків, визначені в відповідних документах.

Джерелом багатьох екологічних проблем, пов'язаних із утилізацією стічних вод є промислові підприємства. Технологічні процеси виробництва практично всіх галузей припускають утворення стоків, забруднених різними речовинами. На сьогоднішній день промислове забруднення стічних вод є однією з найсуттєвіших загроз екологічному стану.

Промислові підприємства, згідно з чинним законодавством, повинні обов'язково використовувати очисні споруди, що дозволяють нейтралізувати негативний вплив стоків, проте це вимога, на жаль, далеко не завжди виконується у повному обсязі.

Показники забруднень скидів промислових об'єктів найчастіше значно перевищують встановлені нормативи. Це здебільшого випадків, як показує практика, спричинено тим, що використовуються застарілі морально, та фізично, очисні споруди, що підлягають реконструкції та модернізації.

На сьогоднішній день промислові підприємства знаходяться у пошуку технологій, що дозволяють знизити навантаження на навколишнє середовище та покращити якість стічних вод.

Найбільш ефективними методами очищення вважаються хімічні та фізикохімічні. Хімічні методи, як правило, засновані на реакціях нейтралізації та окислення-відновлення. У першому випадку для очищення використовують такі речовини, як аміак, вапно та ін. У разі окисно-відновних методів застосовують сильні окислювачі (хлор, озон, перманганат калію та ін.) з високими значеннями окисно-відновних потенціалів. При цьому домішки, що містяться у воді переходять у нетоксичні чи малотоксичні сполуки. Методом окислення відновлення з води можна видаляти домішки важких металів – ртуті, миш'яку, хрому. Серйозним недоліком цього є велика витрата реагентів. Фізико-хімічні методи очищення засновані на процесах коагуляції, сорбції, флоатації. При коагуляції в стічні води вводять коагулянти, що утворюють пластівідні опади із домішками; сорбція заснована на поглинанні деяких речовин (сорбентів) поглинати домішки. Флоатація передбачає пропускання через стічні води повітря, який захоплює при русі вгору такі забруднювачі, як нафта, олії, поверхнево-активні речовини та ін. Тяжкі метали (цинк, мідь, хром, кадмій, свинець) та ін. можна витягувати зі стічних вод методом іонного обміну, згідно з яким вода, що очищається, пропускається через колонку з іонітом, здатним обмінювати власні іони на іони, що містяться у розчині. Для очищення стічних вод зазвичай використовують органічні іоніти із високомолекулярних сполук.

Високоєфективним є електрохімічний метод очищення. В цьому випадку через воду, що очищається, пропускають постійний електричний струм, процеси окислення відновлення протікають на електродах. У такий спосіб можна видаляти з води важкі метали (свинець, кадмій, ртуть, хром та ін.), іони яких відновлюються на катоді.

Деякі метали, наприклад хром, можна видаляти з води за допомогою електродіалізу, заснованого на поділі катіонів та аніонів під дією електрорушійної сили.

Основним недоліком електрохімічних методів очищення є велика витрата електроенергії.

Енергозбереження у світі активно розвивається, з'являються нові технології енергозбереження, розроблено та виявлено основні напрямки енергозбереження, ведеться впровадження та встановлення нового енергозберігаючого обладнання. Світові компанії пропонують сучасні інноваційні екологічні рішення для очищення стічних вод промислових підприємств, які дозволяють:

- автоматично та точно регулювати дозування хімічних реагентів у відповідно до умов експлуатації;
- оптимізувати ефективність очищення та експлуатаційні витрати;
- скорочувати обсяг робіт з моніторингу на очисних спорудах;
- підвищувати експлуатаційну надійність за рахунок контролю на вході та виході за допомогою потокового аналізатора, а також моніторингу матеріальних потоків на очисних спорудах;
- здійснювати оцифрування процесу управління промисловими стічними водами;
- використовувати нові адсорбційні матеріали та методи регенерації для видалення шкідливих мікродомішок на муніципальних та промислових очисних спорудах;
- знаходити екологічно безпечні способи відновлення солі та води із промислових стічних вод;
- вивчати можливості замикання водного циклу в індустріальних парках та інші.

На багатьох промислових підприємствах для очищення стічних вод біологічний метод, заснований на здатності деяких мікроорганізмів харчуватися токсичними сполуками, що містяться у стоках. Біологічне окислення проводять за допомогою активного мулу (сукупності мікроорганізмів, найпростіших і більш високоорганізованих організмів – водоростей, рослин, грибів), через який повільно пропускаються стічні води. Внаслідок такої переробки токсичні сполуки перетворюються на нетоксичні. Процеси, що протікають при біологічному очищенні, схоже на природне. Достоїнство цього методу - абсолютна безпека, можливість використання води в оборотному водопостачанні, відсутність значних фінансових витрат.

До сучасних методів очищення відноситься біологічне очищення стоків, засноване на використанні кореневих систем таких рослин як очерет, рогоз, очерет та ейхорнія.

Коріння перерахованих рослин відмирає до кінця вегетації, але продовжує життєдіяльність, виконуючи найрізноманітніші функції. Рослини вилучають із води та ґрунту не тільки необхідні біогени, до яких відносяться азот, фосфор, кальцій і ін, але й солі важких металів (залізо, мідь, цинк, свинець, нікель, кобальт), отрутохімікати, пестициди. За рахунок кореневої системи відбувається осідання зважених речовин, тому для забезпечення повного очищення проводиться зариблення ботанічних майданчиків рослиноїдними рибами, які допомагають якісно забезпечити очищення води до нормативних показників.

Шкідливі речовини, що потрапляють у водні об'єкти, радикально змінюють водяну екосистему. Впровадження нових сучасних технологій очищення стічних вод дозволяє скорочувати скидання обсягу забруднених стічних вод промислових підприємств, покращувати якість стічних вод, знижувати негативний вплив на довкілля.

ВОЛОШИН В.С., БУТЕНКО Е.О. (УКРАЇНА, МАРІУПОЛЬ-ДНІПРО)
**ВІДНОСНО ПИТАННЯ ПРО ДЕЯКІ НОРМАТИВНІ ВИМОГИ
ЩОДО ПИТНОЇ ВОДИ**

*Приазовський Державний Технічний Університет
49000, пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, Україна; butenko_e_o@pstu.edu*

Abstract. Today it is more important to pay attention to the structures of water that otherwise enter the human body. There is no doubt that this is connected with the different energy values of water. Firstly, the high energy level of rich-phase water should lead to a completely high absorption of water by the body of biological substances and, naturally, humans. Intuitively, we are aware of the ordering of water structures, such as, for example, melted ice water, magnetic water, or electrolytic water. It is worth noting that the energetically shaped structure of water must take an important place among the indicators of the acidity of water in which humans live.

Проблеми якості питної води, в нормативному аспекті, не зовсім точно ототожнюються тільки з її чистотою щодо розчинених і зважених в ній речовин. При цьому інші її властивості, вкрай важливі для даної рідини в разі вживання людиною, взагалі не враховуються. Зокрема, вода, біологічно сумісна з організмом людини, повинна мати певні структурні та енергетичні властивості, які описані в літературі. Слід бути впевненим, що ті якості води, які активно пов'язані з її структурними змінами, миттєвими за часом, позначеними як кластерні або інші конгломератні системи, дозволяють розглядати їх як одну з актуальних складових, яка впливає не тільки на безпеку споживання води, але і на якість життя людини, її довголіття, процеси старіння, процеси метаболізму. Безумовно, поза умовляними теоріями про незвичайність води та її так звану «пам'ять».

Унікальна структура води при фазовому переході її з твердого (гірські льодовики) в рідкий стан (вода гірських струмків і річок) дозволяє мати в систематичному вживанні воду, як особливий біологічно активний елемент, який впливає на багато біологічних процесів як на клітинному, так і на макрорівні в організмі людини, забезпечуючи виведення відходів життєдіяльності з організму і кожної його клітини, прискорюючи метаболічні процеси і багато іншого. Талу воду, як приклад структурованої системи, також можна отримати штучно, хоч і не промисловим шляхом, на жаль.

Про структурованість питної води, зазвичай замовчують, коли мова заходить про правила її нормування для користувачів.

Давно відомо, що чистота води - це відносний стан. Наприклад, лікарі виступають проти постійного використання дистильованої води, яка не містить ніяких додаткових речовин або мінералів. До яких людина зникає і які потрібні організму. Та й абсолютно чистої води в природі не існує.

Біологічна клітинна мембрана здатна пропускати в клітку не просто відносно чисто, а спеціально підготовлену структуровану воду. Тільки в цьому випадку біохімічні процеси в клітці посилюються, і така вода здатна вивести з клітини непотрібні елементи біологічного розпаду.

Вода в природі існує, як багатокомпонентна багатофазна середовище. Той факт, що вода розчиняє практично все, робить її не просто універсальною речовиною в природі. Розчинення у воді - це окремий термодинамічний процес, в основі якого лежать умови фазової рівноваги. Рідка вода, а точніше, водні розчини, вкрай далекі від насичення, являють собою термодинамічно нерівноважну систему зі стійкістю, що змінюється в процесі розчинення. В такій воді постійно змінюються структурні елементи найрізноманітніших складів, що було вже досить вивчено. У воді відбувається постійний енергетичний обмін, в якому беруть участь атоми водню і кисню, які за допомогою водневих зв'язків транзитують коливальну енергію атомів однієї молекули в енергію її зв'язку з іншими молекулами. В цьому обміні бере участь енергія резонансних коливань. При цьому відбувається обмін квантами енергії (так званий $V-V$ обмін) шляхом випромінювання фотона світла атомами однієї молекулою і поглинання його атомами іншої молекули. По суті, ці процеси такі ж миттєві і короточасні, як і тривалість життя основних структурних елементів води і залежать від її енергетичного стану.

Вода з розчиненим в ній речовиною набуває деякі проміжні, як мінімум двофазні, а найчастіше, багатофазні якості. Причому в залежності від стану інших фаз (рідкої, твердої або газоподібної) розчин вже априорі отримує різний енергетичний зміст.

Було представлено природну воду як багатофазну речовину, в якій основною фазою є безпосередньо шукана рідина - вода. А у вигляді інших фаз ми можемо мати розчинений газ (розчинені у воді мікро бульбашки будь-якого газу), тверде (будь-який дрібний компонент, включаючи лід, як

елемент двокомпонентної рідини), рідина у вигляді якихось споріднених молекулярних асоціацій, структурованих особливим чином в складі води, або іншу рідину, розчинену у воді. Особливо відзначимо, що вода в живій клітині – це теж розчин, тільки біологічно та енергетично впорядкований. Енергія цього розчину залежить від ступеня спів організації біологічної клітини, і, зокрема, від швидкості росту ентропії середовища, яка оточує цю клітину.

Ще одне припущення. Друга фаза, незалежно від її змісту, буде розглядатися як чужорідна, присутня у вигляді певного фактору потенційного відторгнення по відношенню до абсолютно чистої H_2O .

Тоді можна порівнювати розрахункове значення енергії абсолютно чистої води по відношенню до енергії фактично «забрудненого», за рахунок деякої другої фази, розчину.

Енергію такої змішаної водної системи (розчину) можна визначити у вигляді енергетичного функціоналу $F(\epsilon \times \nu)$, де ϵ – діелектрична проникність води; ν – частота зовнішнього електромагнітного поля.

Рідка вода дає нам ще одну практично недосяжну параметричну межу у вигляді шкали мінімально можливої для неї ентропії. Підставою для цього твердження є, крім усього іншого, недосяжність абсолютно чистого стану води, що пов'язано з фізико-хімічною активністю цієї речовини. Якщо це так, то можна сказати, що впорядкованість специфічної структурованої води і більш низьке значення її ентропії в порівнянні зі звичайним водним розчином може служити показником її підвищеного біологічного потенціалу, що, в свою чергу, робить таку воду корисною для людського організму.

Упорядкованість особливих типів води та більш низьке, у порівнянні з звичайною водою, значення їх ентропії, можуть служити показниками їх підвищеного біологічного потенціалу.

З точки зору термодинаміки будь-яку природну воду можна представити у вигляді бінарної системи типу « H_2O - ...», де другим компонентом може бути деякий газ, розчинений у воді, інша рідина або її розчин у воді, тверді частинки або лід. Всі ці бінарні системи можуть взаємно перетинатися, складаючи багатокомпонентну суміш, яка має назву «природна вода». Її особливості, що нас цікавлять, полягають в наступному.

Енергетичні особливості, які в термодинамічному сенсі має така структурована система, пов'язані не тільки з самою структурою молекул води, а перш за все, з взаємодією компонентів бінарної системи " H_2O – чужеродне тіло,". Відомо, що ентропія функціональної бінарної системи завжди більше, ніж ентропія окремих її компонентів.

Це означає, що будь-яка впорядкованість структури води, зокрема приготовленої певним чином (талої, конденсатної, намагніченої, електролітично обробленої і т. д.), має свої цілком певні термодинамічні характеристики, контроль за якими може дати людині інструменти для контролю стану питної води, адаптованої найкращим чином до потреб біологічного організму.

Масове виробництво і споживання такої структурованої води в організаційно-технічному плані буде утруднено. Така вода повинна мати вигляд товарної продукції зі своєю вартістю. Але вона має право на існування.

Сьогодні є підстави уважніше придивитися до структур води, яка тим чи іншим чином потрапляє в організм людини. Немає сумнівів, що це пов'язано з різною енергетикою цієї води. Звичайно, різний енергетичний стан багатофазної води призводить до абсолютно різного сприйняття води організмом біологічних істот і, зокрема, людини. Інтуїтивно ми прагнемо до впорядкованих водних структур, таким, наприклад, як тала вода льодовика, магнічена вода, або електролітичним методом оброблена. Залишається фактом, що енергетично вивірена структура води повинна займати важливе місце серед показників якості води, яку споживає людина.

СМАЛЮХ О.П., ВОНИТОВА Н.Д. (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)

ПОМОЖЕШ ВОДІ – ЗАРАДИШ БІДІ

*Львівський регіональний гідрометеоцентр,
79057, вул. Генерала Чупринки, 58а, Львів, Україна; sinlviv@meteo.gov.ua*

Abstract. "Our goal is to return a person's love for nature, for the Earth, for God, in order to fill it with positivity anew. Because by destroying nature, we will be the first to die from it" - Garafina Makovii.

Among the most urgent problems of the ecological state of water bodies within Lviv region, we can highlight: excessive anthropogenic load, pollution of water bodies, deterioration of the quality of drinking water, inefficiency of the existing management system for the protection and use of water resources.

Therefore, it is necessary to clean water sources as soon as possible, without waiting for someone to do it for us, for someone to develop projects and invest the appropriate funds. It is necessary for everyone together and for each individual to feel and, without wasting a minute, change this dangerous situation.

Вода — це найпоширеніший природний ресурс, тому часто виникає хибна думка про невичерпність і загальнодоступність водних ресурсів. Однак придатної для споживання населенням та для функціонування більшості земних екосистем прісної води зовсім небагато, її частка у загальних водних запасах становить лише 2,53%. Відповідно до незалежних оцінок 40% населення Землі вже до 2030 року зіткнеться із глобальним дефіцитом води, а вже в період 2035-2045 рр. об'єм прісної води, який споживає людство, зрівняється з її ресурсами

Крім того, майже на всій планеті спостерігається посилення негативного впливу на кількісний та якісний стан водних ресурсів через такі чинники як землекористування, збільшення кількості населення, забруднення води та зміна клімату.

Зміна клімату не оминула і Львівщину, що відобразилось на мінливості температурного режиму і нерівномірного розподілу опадів по нашій території.

Річна сума кількості опадів в області змінилась не суттєво, але відбувся її перерозподіл між сезонами та місяцями. Для Львівщини характерно збільшення кількості опадів в зимовий період та, в окремі роки, в травні, липні і вересні. Кількість дощових днів у році зменшилась, зате зросла інтенсивність і локальність випадіння опадів. І ось висновок:

- зростає число випадків опадів зливого характеру, які призводять до паводків що набирають руйнівних масштабів, частішають явища підтоплення та затоплення населених пунктів, пришвидшується розвиток процесів водної ерозії ґрунтів, зсувів, селів, руйнування берегів річок;

- зростає кількість бездощових періодів, які призводять до зменшення водності річок.

Виходить як в народній приказці «то пусто, то густо».

Взаємозв'язок людини та природи є споконвічним, а проблемою він став через пошуки людиною «нового сенсу та нового змісту». Ця тема дуже багатогранна та висновки вчених можна узагальнити словами: «Ми руйнуємо основи своєї економіки, засобів до існування, продовольчої безпеки, здоров'я і якості життя по всьому світу». І, звісно, прораховуються безліч сценаріїв розвитку ситуацій...

Та вихід із лабіринту усіх цих проблем можна побачити лише подивившись на них Божими Очима.

Тому необхідно взяти за основу скарбницю народної мудрості – навчитись жити не руйнуючи, а любити рідну Землю з її річками і струмочками, які як животної система організму оживляє, наповнює силою кожну клітиночку твореної Богом природи і берегти її в чистоті і пошанівку, як це робили наші предки, які дуже добре розумілись на причинно-наслідкових зв'язках.

А що до властивостей води, зокрема здатність зафотографувати та зберегти інформацію, які вже нам тепер відомі через наукові експерименти, вони теж знали: «Як піду я до криниці, то вберуся в коди (стрічки), щоб не знати в цілім тілі від водиці шкоди». Про це свідчить практика їхнього життя, а також фольклорні тексти. З книг Гарафіни Маковій дізнаємося, що воду предки вважали Господніми Очима, ніхто не наважувався підійти до води неохайно вдягненим, не те, що засмічувати її.

«Закочуймо рукави і прочищаймо водойми, де лиш бачимо, що треба це зробити. Щоб очищалась і вологість повітря, коли води випаровуються у хмари, щоб на землю повернулись здорові напуваючі усе дощі. Та й народне: «Зневажиш воду – накличеш шкоду, поможеш воді – зарадиш біді» – із того, що доводиться бачити на конкретних долях, надзвичайно дієве. У нас такий же відсоток води в організмі як і на земній кулі. І коли ми засмічуємо воду – засмічуємо і наш водний баланс, що становить основу організму. З'являються різні-прерізні від того сміття хвороби. Прочищаємо воду – аналогічно очищається наш водний баланс і чимало недуг зникає» (Гарафіна Маковій, «Коло сім'ї»).

Поможеш воді – зарадиш біді і тоді воскресне екологія Землі.

Наукове online-видання

ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:
ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ.
Water Supply and Wastewater Disposal: designing, construction, operation and monitoring.

V міжнародна наукова-технічна конференція, 11-13 жовтня 2023, Україна, Львів
V International Scientific-Technical Conference, 11-13 October 2023, Ukraine, Lviv

Збірник матеріалів
Proceedings

Директор наукового департаменту
ГО «Міжнародна наукова гільдія»

Технічний редактор Online-видання

Художній редактор Online-видання
Укладач

Олена Ярмолук

Ліє Гудзик

Яніна Яроченко
Н. Вронська

Цитування:

Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг. V міжнародна наукова-технічна конференція, 11-13 жовтня 2023, Україна, Львів : зб. матер. — Електрон. дан. — Київ : — Яроченко Я. В., 2023. — 91 с. : рис., табл., фот. — on-line. = *Water Supply and Wastewater Disposal: designing, construction, operation and monitoring. V International Scientific-Technical Conference, 11-13 October 2023, Ukraine, Lviv : Proceedings — Eelectron. Data — Kyiv : — Ya.Yarochenko, 2023. — 91 p. : illustrations, tables, photographs — on-line.* — Режим доступу: <https://liegudzyk.com/vodopostachannya-i-vodovidvedennya-V-mizhnarodna-naukova-tekhnichna-konferentsiya>



Видавець: Яроченко Яніна Володимирівна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 6692 від 21.03.2019
lie.gudzyk@gmail.com / +38 093 923 1410 / Viber & Telegram
Lie Gudzyk Studio® / <https://liegudzyk.com/online-publishing>

