

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА
ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

До захисту
допустити:
Завідувач
кафедри

(підпис)

(ПІБ завідувача кафедри)

«__» _____ 20__р.

**«ЗАБРУДНЕННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ: ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ ТА
ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ»**

Кваліфікаційна робота
здобувача вищої освіти
першого
(бакалаврського) рівня вищої
освіти освітньо-професійної
програми
«Екологія, охорона
навколишнього середовища та
збалансоване
природокористування»

(назва освітньо-професійної програми)

Буличова Марія Олексіївна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

Науковий керівник:

Зеленська В.А., кандидат біологічних наук,
доцент кафедри раціонального природокористування
та охорони навколишнього середовища

*(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання,
науковий ступінь, вчене звання, місце роботи)*

Кваліфікаційна робота
захищена з оцінкою _____

Секретар ЕК _____

«__» _____ 20__р.

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Буличова Марія Олексіївна. Забруднення Світового океану: причини, наслідки та шляхи подолання – Кваліфікаційна робота.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за ОПП «Екологія, охорона навколишнього середовища на збалансоване природокористування». – Маріупольський державний університет, 2025.

У роботі досліджено сучасний стан забруднення Світового океану, виявлено основні джерела й види забруднень, проаналізовано їх екологічні та соціально-економічні наслідки. Особливу увагу приділено пластиковому, нафтовому, хімічному, радіоактивному та біологічному забрудненню водних екосистем.

У першому розділі розглянуто теоретичні основи проблеми, класифікацію типів забруднень, а також значення Світового океану як глобальної екосистеми.

У другому – досліджено сучасні масштаби забруднення, зокрема наслідки антропогенної діяльності та військових дій. Проаналізовано глобальні програми моніторингу та міжнародні ініціативи щодо захисту морського середовища.

Третій розділ присвячено практичним заходам з очищення водних ресурсів, зокрема методам очищення від нафтових забруднень, ефективності біосорбційних матеріалів і розробці технологічних рішень. Результати дослідження свідчать про критичний стан водних екосистем та потребу у комплексному, міждержавному підході до зменшення забруднення Світового океану. Запропоновані рекомендації можуть стати основою для формування сучасної екологічної політики в сфері охорони морських ресурсів.

Ключові слова: Світовий океан, забруднення, екосистема, нафтова пляма, мікропластик, очищення води, біосорбція, екологічна безпека.

Abstract

Bulychova Mariia Oleksiivna. Pollution of the World Ocean: Causes, Consequences, and Ways of Overcoming – Qualification Thesis.

Qualification work for the Bachelor degree. Education programme: «Ecology, Environment Protection and Balanced Nature management». – Mariupol State University, 2025.

The study investigates the current state of pollution in the World Ocean, identifies the main sources and types of pollution, and analyzes their ecological and socio-economic consequences. Special attention is given to plastic, oil, chemical, radioactive, and biological pollution of aquatic ecosystems.

The first chapter covers the theoretical foundations of the problem, classification of pollution types, and the significance of the World Ocean as a global ecosystem.

The second chapter examines the current scale of pollution, including the impacts of anthropogenic activities and military conflicts, and reviews global monitoring programs and international initiatives for marine environmental protection.

The third chapter is dedicated to practical measures for water resource purification, including methods for cleaning oil pollution, the effectiveness of biosorptive materials, and the development of technological solutions. The research results indicate a critical state of aquatic ecosystems and highlight the urgent need for a comprehensive, international approach to reducing pollution of the World Ocean. The proposed recommendations may serve as a basis for forming modern environmental policies in the field of marine resource protection.

Keywords: World Ocean, pollution, ecosystem, oil spill, microplastic, water purification, biosorption, environmental safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	5
1.1 Джерела та наслідки забруднення.....	5
1.2 Світовий океан як екосистема: значення для планети.....	7
1.3 Основні типи забруднення океану: класифікація та джерела.....	11
1.4 Наслідки забруднення для екологічних систем та людини.....	16
Висновки до розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ.....	27
2.1 Глобальні програми екологічного моніторингу Світового океану.....	27
2.2 Пластикове забруднення: масштаби та загрози.....	30
2.3 Пластикові відходи: види, джерела та шляхи потрапляння у водойми.....	33
2.4 Вплив пластикових відходів на фізико-хімічні властивості води.....	35
2.5 Вплив на гідробіонтів: мікроорганізми, риби, молюски та інші.....	38
2.6 Нафтова індустрія та її вплив на морське середовище.....	40
Висновки до розділу 2.....	43
РОЗДІЛ 3. ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ВІД НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ.....	44
3.1 Проблеми очищення водних ресурсів.....	44
3.2 Особливості нафтових забруднень в поверхневих і підземних водах.....	47
3.3 Порівняльний аналіз способів і методів очищення стічних вод і природних водойм від нафтових забруднень.....	50
3.4 Аналіз технічних рішень для виготовлення сорбційних фільтрів.....	58
3.5 Дослідження ефективності біосорбційних матеріалів в очищеній воді від нафтової плями.....	61

3.6 Розробка технологічного рішення застосування біосорбційного комплексу.....	62
Висновки до розділу 3.....	68
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ВСТУП

Світовий океан займає понад 70% поверхні планети та є основним регулятором клімату, джерелом кисню та ресурсів для людства. Проте інтенсивна господарська діяльність людини призвела до масштабного забруднення океанічних вод, що загрожує екологічній рівновазі та біорізноманіттю. Актуальність теми обумовлена необхідністю розробки ефективних заходів для зменшення негативного впливу на морські екосистеми та збереження океану для майбутніх поколінь.

Забруднення водних екосистем є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, що має масштабні наслідки для довкілля, здоров'я людини та сталого розвитку суспільства. Основними джерелами такого забруднення є пластикові відходи, нафтопродукти, важкі метали, пестициди, органічні та мікробіологічні речовини, що потрапляють у воду внаслідок промислової, сільськогосподарської та транспортної діяльності. Пластик, особливо мікропластик, і нафта суттєво змінюють фізико-хімічні характеристики води, порушують природні біологічні процеси та призводять до загибелі гідробіонтів, деградації екосистем і накопичення токсичних речовин у харчових ланцюгах.

Для подолання цієї проблеми необхідне впровадження комплексного, багаторівневого підходу до очищення вод — із використанням сучасних технологій, зокрема сорбентів, флотації, електрокоагуляції та біологічної очистки. Особливу увагу слід приділити розвитку екологічно безпечних, ефективних і економічно доцільних засобів, таких як сорбенти на основі рослинної сировини.

Об'єднання наукового потенціалу, інноваційних технологій, політичної волі та суспільної відповідальності дозволить зменшити масштаби водного забруднення, зберегти водні ресурси, забезпечити екологічну рівновагу та захистити здоров'я нинішніх і майбутніх поколінь.

Мета дослідження — проаналізувати основні джерела забруднення Світового океану, їх наслідки та можливі шляхи мінімізації шкоди.

Завдання дослідження:

- визначити основні види забруднення Світового океану;
- дослідити вплив забруднення на морські екосистеми;
- розглянути міжнародні ініціативи та програми щодо збереження океану;
- запропонувати рекомендації щодо зменшення забруднення.

Об'єкт дослідження — джерела забруднення світового океану, його наслідки для біорізноманіття та міжнародні заходи щодо його зменшення.

Предмет дослідження — методи запобігання забруднення світового океану, зокрема очищення водних ресурсів від нафтозабруднення за допомогою біосорбентів.

Методи дослідження — аналіз літературних джерел, статистичних даних, порівняльний аналіз екологічних програм та проектів.

Практична цінність — вдосконалення засобів захисту водного середовища від нафтозабруднення та підвищення екологічної безпеки у прибережних зонах.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРИТИЧНІ ОСНОВИ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ

СВІТОВОГО ОКЕАНУ

1.1 Джерела та наслідки забруднення

Світовий океан - неперервна водна оболонка Землі, що оточує материки й острови. площа Світового океану становить 361 млн км², або 71% земної поверхні. У Світовому океані виділяють його складові частини - океани, моря, затоки, протоки. На Землі умовно виділяють 4 океани: Тихий, Атлантичний, Індійський, Північний Льодовитий.

Основні шляхи забруднення гідросфери: забруднення нафтою і нафтопродуктами, забруднення стічними водами, забруднення важкими металами, забруднення кислотними дощами, радіоактивне забруднення, теплове забруднення, механічне забруднення, бактеріальне і біологічне забруднення. Щорічно у Світовий океан потрапляє понад 10 млн т нафти і до 20% Світового океану вже покриті нафтовою плівкою. У першу чергу це пов'язано з тим, що видобуток нафти і газу в океанах і морях стала найважливішим компонентом нафтогазового комплексу.

Забруднення Світового океану водним транспортом відбувається по двох каналах: по-перше, морські та річкові судна забруднюють її відходами, одержуваними в результаті експлуатаційної діяльності, і, по-друге, викидами у разі аварій, токсичних вантажів, здебільшого нафти і нафтопродуктів.

На танкерах, що перевозять нафту та її похідні, перед кожним черговим завантаженням, як правило, промиваються ємності для видалення залишків раніше перевезеного вантажу. Промивна вода, а з нею і залишки вантажу зазвичай скидаються за борт.

Крім того, після доставки нафтовантажів в порти призначені танкери найчастіше направляються до пункту нового навантаження без вантажу. В цьому випадку для забезпечення належної безпеки плавання танки судна наповнюються баластною водою. Ця вода забруднюється нафтовими

залишками, а перед завантаженням нафти і нафтопродуктів виливається в море.

Із загального вантажообігу світового морського флоту в даний час 49% впаде на нафту та її похідні.

Щорічно близько 6000 танкерів міжнародних флотилій транспортують 3,5 млрд тон нафти. У міру зростання перевезень нафтовантажів і аваріях все більшу кількість нафти стало потрапляти в океан.

Забруднення нафтою і нафтопродуктами. Призводить до появи нафтових плям, що ускладнює процеси фотосинтезу у воді через припинення доступу сонячних променів, а також викликає загибель рослин і тварин. Кожна тонна нафти створює нафтову плівку на площі до 12 км². Відновлення уражених екосистем займає 10 - 15 років.

За даними 1988 в усі моря світу було скинуто приблизно 20 млрд тон сміття. В одне тільки Північне море було скинуто 98000 т сміття.

До 2 млн морських птахів і 100 тис морських тварин, у тому числі до 30 тис тюленів, щорічно гинуть, проковтнувши будь - які пластмасові вироби чи заплутавшись в обривках мереж і тросів.

Терміни розкладання сміття в морській воді: недопалок - 5 років, пінопласт - 18, жестианная банка - 50, пластикова пляшка - 450, скляна пляшка - 1000000.

Серйозну екологічну загрозу для життя в Світовому океані і для людини представляє поховання на морському дні радіоактивних відходів і скидання в море рідких радіоактивних відходів. Західні країни (США, Великобританія, Франція, Німеччина, Італія тощо) і СРСР з 1946р. почали активно використовувати океанські глибини для того, щоб позбутися від РАВ.

Рідкі радіоактивні відходи СРСР зливав в далекосхідних морях з 1966 по 1991 р. (в основному поблизу півдня - східної частини Камчатки і в Японському морі). Північний флот щорічно скидав в воду 10 000 м³ таких відходів.

Забруднення стічними водами в результаті промислового виробництва, мінеральними і органічними добривами в результаті сільськогосподарського виробництва, а також комунально-побутовими стоками. Веде до евтрофікації водойм - збагачення їх поживними речовинами, що призводить до надмірного розвитку водоростей і загибелі інших екосистем водойм, а іноді до заболочування місцевості.

Забруднення важкими металами. Порушує життєдіяльність водних організмів і людини. Забруднення кислотними дощами. Приводить до закиснення водойм і загибелі екосистем.

Теплове забруднення. Викликається скиданням у водойми підігрітих вод ТЕС і АЕС. Приводить до масового розвитку синьо-зелених водоростей, так званого цвітіння води, зменшенню кількості кисню і негативно впливає на флору та фауну водоймищ. Механічне забруднення. Підвищує вміст механічних домішок.

Людство повинно радикально переглянути стратегію використання Світового океану, в іншому випадку йому загрожує глобальна катастрофа [1].

1.2 Світовий океан як екосистема: значення для планети

Морська екосистема – це складний живий організм, функціонування якого визначаються параметрами стану моря. Світовий океан покриває 70% нашої планети і включає в себе моря, водойми та річки. Температура, хімічний склад, течії та живі організми – лежать в основі глобальних систем, завдяки яким Земля придатна для проживання людства. Правильне керування життєво важливим ресурсом, має надважливе значення для людства загалом, а також зумовлює протидію наслідкам кліматичних змін. Завдяки морському і прибережному біорізноманіттю, понад три мільярди людей мають засоби до існування.

На сьогодні завдано величезних збитків цим цінним ресурсам. Ми повинні захистити їх, усунувши забруднення та надмірний вилов риби, і

негайно почати відповідально управляти та захищати морське життя у всьому світі.

Забруднення Світового океану здійснюється через суходіл (стічні води, стоки сільськогосподарських виробництв і населених пунктів) і атмосферу (з димом, пилом, вихлопними газами), з якими гідросфера тісно пов'язана кругообігом води. Найінтенсивнішими забруднювачами поверхневих і підземних вод є целюлознопаперові, хімічні, нафтопереробні, металургійні комбінати, сільське господарство.

Близько 70% забруднення морського середовища пов'язане з наземними джерелами досягає тривожного рівня: на кожному квадратному кілометрі океану всередньому можна знайти 13 000 предметів пластикового сміття. Скиди надто великої кількості шкідливих речовин, пестицидів, добрив, зростаюче забруднення морського середовища нафтопродуктами, засмічення річок - все це призведе до моменту, коли океан перестане служити людині. Забруднення виникає також в результаті судноплавства.

Розуміння важливості природи та світового океану для нашого власного благополуччя може допомогти нам зменшити наш вплив на навколишнє середовище, зберегти природу.

Відповідно до директиви про морську стратегію з урахуванням Цілей сталого розвитку України на період до 2030 року, визначених Указом Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722, визначено стратегічні цілі морської природоохоронної політики та пріоритетні завдання які спрямовуються на досягнення та підтримання «доброго» екологічного стану Чорного та Азовського морів.

Пріоритетним напрямком є: зниження ризику для здоров'я людини, пов'язаного із забрудненням і засміченням морських вод та прибережної захисної смуги, запобігання деградації морських екосистем та сприяння їх відтворенню шляхом зменшення рівня забруднення морів та мінімізації антропогенного навантаження на морські екосистеми.

Відповідно до Указу Президента України від 03 грудня 2021 р. № 617 “Про

деякі заходи щодо відновлення та розвитку морських наукових досліджень і науководослідного флоту” з метою утвердження та сталого розвитку України як сучасної морської держави, забезпечення її національних інтересів у сфері морської діяльності, розвитку морських наукових досліджень і науково-дослідного флоту.

Єдиний спосіб по-справжньому зменшити кількість пластикових відходів – скоротити викиди пластику та посилити його збирання в річках до того, як пластик досягне океану. Кожен з нас повинен бути причетним до збереження морської екосистеми і допомогти врятувати світовий океан. Життєво необхідно об’єднуватись в групи, колективи, щоб активно протидіяти засміченості, забрудненості місця нашого проживання.

Важливо шукати альтернативу пластику, зокрема: паперові пакети, тканинні торбинки, пакети з кукурудзяного крохмалю, скляну тару;

-скоротити свій вуглецевий слід: розділяти різні види сміття, економити воду під час купання, миття посуду, вибирати енергозберігаючі лампочки і прилади, вимикати світло та електроприлади, якими не користуєтесь, пересуватися на велосипеді;

-не залишати сміття після себе, не кидати пластик у водойми та виявляти ініціативу щодо прибирання біля природних та штучних джерел води;

-не використовувати пластикові столові прилади, пляшки з водою, продукти у пластиковій упаковці, кавові стаканчики, інші пластикові вироби.

Потрібно обирати засоби для прання без вмісту фосфатів. Не бути байдужим, коли знати про факти скидання неочищених стічних вод. Розповідати друзям і знайомим про сучасний стан Чорного моря. Організовувати акції та брати участь у прибиранні прибережних територій річок, озер, потічків.

Чим більше людей знатиме про ці проблеми, тим більш зростатиме екологічна свідомість суспільства [2].

Головними складовими природного середовища є гідросфера, біосфера та

атмосфера.

Вода, як відомо, це речовина природного характеру, що є основною складовою частиною всього живого на Землі, без неї всі живі організми не можуть існувати та розвиватися.

Вода широко використовується у аграрному виробництві, відіграє важливу роль у промисловості та енергетиці для технічного використання, а найбільша кількість води з природних ресурсів використовується на гідротехнічну меліорацію.

В Україні за багаторічну історію розвитку сформувався водогосподарський комплекс, до складу якого входять гідротехнічні споруди, канали, гідромеліоративні системи, різних розмірів водосховища, озера, ставки, річкова мережа, науково-дослідні та навчальні заклади, проектно-конструкторські, будівельні та розвідувальні організації.

До водних ресурсів, тобто придатні для різного використання води Землі, належать ґрунтові води, водосховища, морські, підземні, річкові, озерні, лід гірських льодовиків, а також льодовиків які знаходяться на полярному полюсі.

Наукові джерела засвідчують, що 2/3 поверхні земної кулі вкрито водами. Світового океану. Загальна площа водних ресурсів суходолу обраховується 15% суші. Об'єм води у водних ресурсах Землі налічує близько 1390 млн км³.

На території України водні ресурси розміщені нерівномірно. Статистичні дані засвідчують, що найбільш водо забезпеченими є Карпати, на які припадає 22% всього місцевого річкового стоку, а друге місце за цим показником займає Полісся.

Важливе значення мають прісні води, що є найціннішим для людства планети природним ресурсом. Вода існує у трьох агрегатних станах: льодовики – це тверда її фаза, рідка фаза, яка надзвичайно широко використовується людиною – вода річок, водосховищ, озер та газоподібному (роса, туман)[3].

1.3 Основні типи забруднення океану: класифікація та джерела.

Забруднення океанів — глобальний процес у Світовому океані, пов'язаний із надходженням до його акваторії значної кількості антропогенних забруднювальних речовин (нафтові вуглеводи, біогенні речовини, пестициди, важкі метали, радіонукліди та ін.) [4].

Під «забрудненням океану» розуміється пряме або побічне надходження речовин чи енергії в морське середовище, що несуть такі негативні впливи, як завдання шкоди живим ресурсам, небезпека для здоров'я людей, перешкоди морській діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морської води [5].

Види забруднень

- Фізичне — нерозчинні домішки: глина, пісок, намул, пил тощо;
- Хімічне — важкі метали, кислоти, луги, мінеральні солі, нафта і нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), мийні засоби, канцерогени, мінеральні добрива, пестициди;
- Біологічне — різні мікроорганізми (бактерії, віруси), яйця гельмінтів, спори грибів;
- Радіоактивне — радіонукліди (цезій-137, стронцій-90, калій-40 тощо);
- Теплове — підігріті води ТЕС та АЕС[5].

Джерела забруднень.

Атмосферне забруднення

Атмосферне забруднення є наслідком забруднення самої атмосфери, звідки до світового океану потрапляють біогенні сполуки (фосфор, азот), синтетичні органічні компоненти (вуглеводи, ДДТ та ін.). Поява значної кількості органіки призводить до «цвітіння» вод і виникнення «червоних припливів» у різних районах океану[4].

Нафтове забруднення

Забруднення Світового океану нафтою і нафтопродуктами є однією з глобальних екологічних проблем.

Джерела забруднення океану нафтою досить різноманітні: надходження з континентів зі стоками, надходження з атмосфери (приблизно 0,3 млн т на рік), природний виток з надр (приблизно 0,3 млн т на рік), буріння на шельфі (приблизно 0,05 млн т на рік), викиди з суден у море, катастрофи суден.

За останні 30 років, починаючи з 1964 року, пробурено більше 2000 свердловин у Світовому океані. Через незначні втрати щорічно виливається 0,1 млн т нафти (невеликі аварії та виливи — їх причинами можуть бути, наприклад, бензобак на катері, що протікає, чи неадекватно працюючі очисні споруди). Великі маси нафти надходять до океану через річки з побутовими та зливними стоками. Об'єм забруднень через це джерело становить 2,0 млн т/рік. Зі стоками промисловості щорічно потрапляє 0,5 млн т нафти[5].

Теплове забруднення

Теплове забруднення спричинюється спусканням у водойми теплих вод з різних енергетичних установок.

Надходження нагрітих вод у річки й озера істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Найбільшими тепловими забруднювачами є ТЕС і АЕС.

Підвищення температури води у водоймах призводить до наступних негативних наслідків: до 26°C — шкідливого впливу не спостерігається; в інтервалі 26—30°C — відбувається пригнічення життєдіяльності риб; понад 30°C — спостерігається шкідлива дія на біоценози, а за 34—36°C — риба та деякі види інших організмів гинуть. У теплих водах порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються паразитами і хворобами.

Радіоактивне забруднення

В океан потрапляє велика кількість радіоактивних ізотопів внаслідок випробувань ядерної зброї (ЯЗ), діяльності ядерних реакторів на військових підводних човнах, скидання контейнерів з відходами атомних електростанцій та ін.

Загальна радіоактивність забруднюючих речовин, що потрапила у Світовий океан за допомогою людини, оцінюється в $5,5 \cdot 10^{19}$ Бк.

Під час чорнобильської аварії в атмосферу було викинуто приблизно $5 \cdot 10^7$ Ки радіоактивності, тобто у Світовому океані нагромадилася радіоактивність, яка дорівнює 30 аваріям на Чорнобильській АЕС[6].

Значна частка радіоактивних речовин потрапила під час аварії на японській Фукусімській АЕС.

З 1964 р. по 1986 р. різні радянські організації скинули у води Північного Льодовитого океану 11 тис. контейнерів із радіоактивним «сміттям»[7].

Забруднення водним транспортом

Шкода судноплавства на Світовий океан пояснюється впливом самого водного транспорту, та ще більше тими викидами які ним здійснюються. Це і забруднення нафтою та сільськогосподарськими хімікатами, радіоактивними продуктами, важкими металами і найрізноманітнішим сміттям, яке викидають з суден.

У 1980—1981 рр. у результаті досліджень спеціальною групою експертів ІМО була створена класифікація скидів з суден нафтових вуглеводнів у морське середовище:

1. Експлуатаційні скиди нафтового вантажу з танкерів;
2. Скиди з суден при постановці у док;
3. Скиди біля причалів, включаючи бункерні операції;
4. Скиди з підсланевими (льяльними) водами та відходами палива;
5. Скиди з нафтовмісним баластом з паливних танкерів;
6. Розливи при аваріях танкерів, суден або підводних трубопроводів[8].

Згідно зі статистичними даними, за період з 1962—1972 роки, в результаті аварій, у морське середовище надійшло близько 2 млн т нафти, а за період з 1973 до 1986 року щорічно в аварію попадало в середньому 31 судно, яке перевозило нафту[5].

Забруднення стічними водами

Особливо сильними забруднювачами є стічні води хімічних, нафтопереробних, металургійних, шкіряних заводів, текстильних і целюлозно-паперових фабрик, м'ясокомбінатів та інших підприємств.

У сільському господарстві для підвищення врожаїв і продуктивності земель застосовують пестициди. Тваринництво є постачальником значної кількості мертвої органіки — гною, підстилки, сечовини.

Все це змиваються чи зливається у річки, озера та інші водойми, а далі надходить до Світового океану.

Побутове забруднення

Захаращення морів і прибережних частин сміттям — головне джерело забруднення. Щоденно у Світовий океан скидається приблизно 6,8 млн металевих, 0,64 — млн паперових і пластмасових, 0,43 млн. — скляних предметів[7].

На Всесвітньому економічному форумі представник Ellen MacArthur Foundation заявив, що згідно з їхніми розрахунками пластикове сміття перевищить кількість риби в морі до 2050 року[9].

Боротьба

З метою охорони Світового океану прийнято цілу низку багатосторонніх і регіональних угод.

Конвенція ООН з морського права 1982 року (ст. 192) зобов'язує держави захищати та зберігати морське середовище. Держави повинні вживати всі заходи, необхідні для забезпечення того, щоб діяльність під їх юрисдикцією або контролем не завдавала шкоди іншим державам і їх морський середовищі шляхом забруднення. Ці заходи відносяться до всіх джерел забруднення морського середовища.

Вони, включають заходи, спрямовані на зменшення в максимально можливою мірою:

- а) викиду токсичних, шкідливих або отруйних речовин, що розташовані на суші джерел, з атмосфери або через неї, шляхом поховання;
- б) забруднення з суден (зокрема, заходи із запобігання аваріям та

ліквідації надзвичайних ситуацій, із забезпечення безпеки робіт на морі, запобігання навмисних і ненавмисних скидів та по регламентації проектування, конструкції, обладнання, комплектування екіпажів і експлуатації суден);

в) забруднення від установок і пристроїв, що використовуються при розвідці і розробці природних ресурсів морського дна і його надр (зокрема, заходи із запобігання аваріям та ліквідації надзвичайних ситуацій, забезпечення безпеки робіт на морі та по регламентації проектування, конструкції, обладнання, комплектування персоналу та експлуатації таких установок або пристроїв);

г) забруднення від інших установок і пристроїв, що експлуатуються в морському середовищі (зокрема, заходи із запобігання аваріям та ліквідації надзвичайних ситуацій, із забезпечення безпеки робіт на морі)[10];

д) запобігання незаконного рибальства під час нересту і в місцях де це взагалі заборонено;

е) остерігатися забруднення атмосфери (так як з атмосфери все дуже просто може перейти в гідросферу).

Окрім юридичного аспекту, що гарантує зменшення інтенсивності забруднення, активно розробляються наукові програми та проекти для боротьби з вже існуючими викидами. Зокрема, компанія The Ocean Cleanup презентувала U-подібну дрейфувальну станцію 600 м завдовжки. Система працює у Тихому океані біля берегів Аламіді (штат Каліфорнія, США). Планується, що очисна станція збиратиме 5 т сміття на місяць. Станція оснащена системою освітлення, камерами, датчиками руху та зв'язком із супутником, завдяки чому її можна буде скерувати до більш засміченої ділянки[10].

5 березня 2023 року, згідно повідомлення міжнародної природоохоронної організації Greenpeace, у штаб-квартирі ООН в Нью-Йорку понад 100 країн вперше схвалили угоду про захист Світового океану до 2030 року. Предметом даної угоди є відкрите море, тобто міжнародні

океанські води поза державними кордонами. Документ передбачає створення морських зон, що охороняються. До 2030 року під охорону підпаде третина всіх міжнародних вод, тоді як нині - лише 1,2 відсотка океану. В зонах, що охороняються, діятимуть обмеження на рибальський промисел, маршрути судноплавства і видобуток корисних копалин. Також будуть встановлені основні правила проведення оцінки впливу на навколишнє середовище комерційної діяльності в океанах. Перемовини щодо укладання угоди тривали понад 10 років. "Договір підтримує принцип 30×30 – захист 30% Світового океану до 2030 року. Це відкриває шлях до створення територій у Світовому океані, які будуть охоронятися на високому рівні. У тексті все ще є недоліки, і уряди повинні забезпечити, щоб Договір реалізовувався на практиці ефективним і справедливим способом", – було зазначено у повідомленні[12][13][14].

1.4 Наслідки забруднення для екологічних систем та людини

Постановка проблеми. Вода – важлива складова функціонування нашого організму, найбільш важливий та необхідний компонент для всіх форм життя. Одним із важливих чинників нормальної життєдіяльності людини є її забезпеченість чистою та фізіологічно повноцінною питною водою. За даними ВООЗ, щороку близько 25% населення світу піддається ризику захворювань у результаті споживання неякісної води. Тривале використання води, яка має відхилення від нормативних вимог, веде до стійкого зростання захворюваності населення [19].

Практично всі елементи і речовини, які використовує чи виготовляє людина, так чи інакше опиняються у гідросфері, серед яких переважають хімічні (кислоти, мінеральні солі різного складу, луги, метали і т. п). Не меншої шкоди завдає водоймам і сільське господарство є стічні води хімічної промисловості, що містять цинк, свинець, ртутні сполуки, хром, фтор, метанол, меланін [18].

Актуальність дослідження. Проблема якісного водопостачання

населення має планетарний характер. Боротьба за чисту питну воду є актуальною завжди, вона має багату історію й характеризується суто специфічними особливостями залежно від державного, регіонального та місцевого рівнів.

За даними звітів експертної групи ООН через вживання неякісної води щороку помирає приблизно стільки ж людей, скільки й через злочини, пов'язані з насильством. Щорічно ця проблема забирає життя близько 1.8 мільйона дітей віком до 5 років.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз динаміки розвитку гігієнічного нормування якості питної води детально й професійно подано у роботі А. Гринзовського та М. Коршуна «Історичний нарис гігієнічного формування якості питної води» (2001)[3]. Безпечність питної води неодноразово розглядалися у працях М. В. Набока, С. А. Омельчука, Ю. А. Рахманіна, В. М. Шестопалова. Вивчали своєрідність підземних вод багато науковців. Зокрема, Г. С. Башмаков підкреслював, що для вирішення окремих проблем потрібне погодження водогосподарських та гірничих органів [15].

Вагомий внесок у дослідження проблем водокористування, взаємозв'язків у водогосподарській сфері, розроблення методичних підходів до оцінки стану водних ресурсів та шляхів вирішення актуальних соціо-еколого-економічних проблем водокористування зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: К. Г. Гофман, В. І. ДаніловДанільян, О. Ф. Балацький, Б. М. Данилишин, С. І. Дорогунцов, О. О. Веклич, М. А. Хвесик, В. А. Голян, Л. Г. Мельник, В. О. Лук'янихін, А. В. Яцик та ін. Разом з тим, недостатньо вирішені питання, пов'язані із організацією та регулюванням водопостачання, забезпеченням населення якісною питною водою. Також недосконалою є методика оцінки екологоекономічного збитку від погіршення здоров'я населення внаслідок споживання забрудненої питної води, та не систематизовані практичні компенсаційні заходи, спрямовані на запобігання такого збитку.

Виклад основного матеріалу. Чим вищого рівня досягає цивілізація, тим більшу небезпеку становить діяльність людини. Потерпають в першу чергу водойми. Кількість чистих джерел постійно скорочується. Крім того, люди споживають більше товарів, тому підприємства нарощують обсяг виробництва, щоб задовільнити попит покупців. В результаті цього відбувається збільшення інтенсивності утворення промислових відходів, які є основним джерелом забруднень.

Серед найнебезпечніших забруднювачів води особливе місце належить важким металам. Вони відносяться до найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, які інтенсивно використовуються у багатьох промислових виробництвах і потрапляють до водойм та підземних водоносних горизонтів разом із стічними водами. Велика кількість цих сполук надходить також у воду через атмосферу й ґрунт. Екологічна небезпека важких металів полягає не тільки у безпосередньому їх впливі на організм але й у тім, що вони інтенсивно поглинаються фітопланктоном і по харчовому ланцюгу можуть потрапити до організму людини. Виділяють дві групи важких металів, різних за своєю екологічною значущістю. До першої групи входять елементи, гранично допустимі концентрації (ГДК) яких близькі до їх фонових значень у природних водах (залізо, марганець, стронцій).

Друга група включає метали, ГДК яких значно перевищують реальні природні фонові значення. Це – мідь, свинець, цинк. Токсичність водного середовища передусім визначається їх фізико-хімічним складом. Найбільш токсичні вільні гідратовані іони металів, деякі неорганічні комплекси (в тому числі гідрокомплекси і металоорганічні сполуки, так звані продукти метилування). У разі групування металів у комплекси з природними розчиненими органічними речовинами, як правило, відбувається детоксикація металів. Це, очевидно, добре еволюційно відпрацьований захисний механізм гідроекосистем, що дає їм змогу відновлюватися у випадку природних катаклізм, які супроводжуються викидом у гідросферу

важких металів. У Дніпровських водосховищах 60–70% свинцю перебуває у зваженому стані, що сприяє самоочищенню водоймища від цього металу; мідь, цинк і хром у водосховищах Дніпра переважно існують у розчиненому стані. Частка розчиненої форми становить 60–80% від їх загального вмісту. До особливо екологічно небезпечних зараховують також кадмій і алюміній, які за певних умов переважно зустрічаються у природній воді в іонній, найбільш токсичній формі.

Ступінь переходу металів у комплекси дещо знижується наприкінці весни – початку літа. У цей час можливе підвищення токсичності води за рахунок збільшення концентрації вільних іонів металів [17]. Серед основних джерел забруднення гідросфери мінеральними речовинами і біогенними елементами є підприємства харчової промисловості та сільгосппідприємства. Зі зрошувальних земель щорічно вимивається близько 6 млн тонн солей, відходів, які містять ртуть, свинець, мідь [16]. Деяка частина їх виноситься далеко за межі територіальних вод. Забруднення ртуттю значно пригнічує розвиток фітопланктону. Відходи, що містять ртуть, зазвичай, концентруються у донних відкладеннях чи затоках рік.

Подальша її міграція супроводжується нагромадженням метилової ртуті та її включенням у трофічні ланцюги водяних організмів, а далі й людини. Так, поширення набула хвороба Мінамата, що вперше була виявлена японськими вченими у людей, які вживали рибу, виловлену в затоці Мінамата, в яку безконтрольно скидали промислові стоки з техногенною ртуттю [16]. Загальновідомо, що ртуть і її сполуки надзвичайно токсичні для людини: вони акумулюються в нирках, печінці, головному мозку. Основний орган-мішень для неорганічної ртуті – нирки. Ртуть вражає, передусім, центральну нервову систему.

Летальна доза ртуті в разі споживання з питною водою становить 75–300 мг/добу.

Симптоми ртутної інтоксикації – пригнічення сприйняття та рефлексу

кінцівок. Кадмій має надзвичайно високу токсичність і кумулятивні властивості. Він знижує здатність організму людини протистояти хворобам, має мутагенні й канцерогенні властивості, впливає на спадковість, а також руйнує еритроцити крові, сприяє захворюванню нирок і сім'яних залоз, викликає гастрит та анемію. Для людини допустима доза становить 70 мкг (для дорослих) і повністю виключає його наявність у питній воді та їжі для дітей. Основним джерелом кадмію є промислові викиди, значним носієм його є осади стічних вод. Із 100 т осаду в ґрунт вноситься 4–5 мг кадмію. Істотним джерелом свинцю є осади комунальних і промислових стічних вод. У разі внесення у ґрунт близько 100 т/га стічних вод вміст свинцю в орному шарі підвищується на 4,5 мг/кг. Мідь – один із незамінних елементів для організму людини. В деяких випадках дефіцит міді за симптомами подібний до хронічної інтоксикації нею. Надходження міді з їжею зазвичай становить 2–3 мг/добу, що підтримує необхідну рівновагу. Мідь малотоксична для людини, не має кумулятивних властивостей. Зазвичай, швидкість поглинання, утримання та виведення міді не призводять до підвищеного її вмісту в організмі. Однак у випадку хвороб, що викликають порушення цього механізму, тривала абсорбція міді може викликати цироз печінки. Існують відомості про вплив міді на метаболізм штучно вигодовуваних новонароджених. Зафіксовані гострі отруєння людей за вживання з питною водою міді в дозі 0,14 мг/кг і вище. Канцерогенні й мутагенні властивості міді не встановлені [18].

За даними ООН наша країна посідає 95 місце в світі за рівнем забруднення води. Тому дуже важливо розуміти, якої шкоди для здоров'я завдає забруднена вода. Головною причиною забруднення води є діяльність людини і недосконала система очищення води, а подекуди її повна відсутність. В нашій країні екологи визнають 60% води непридатними для пиття. Найскладніша ситуація в Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Київській, Херсонській, Одеській областях. До переліку найбільш забруднених річок України відносять Сіверський Донець, Сулу, Дністер,

Кальмиус і Західний Буг. У останньому концентрація азоту в 15, а важких металів в 8 разів вище за норму. У притоках Дністра рівень марганцю перевищує допустиму відмітку в 29 разів. Результати досліджень Каховського, Київського, Кременчуцького і Дніпродзержинського водосховищ вказують на те, що рівень міді і марганцю тут в 80 разів більше, ніж передбачено в стандартах. Навіть купання в такій воді може привести до шкірних захворювань. Варто відмітити, що Україна не входить до числа країн з високим рівнем водозабезпечення. А за показником використання водних поновлюваних ресурсів знаходиться на кризовій межі. При цьому основним методом очищення було і залишається хлорування, що призводить до утворення небезпечних для здоров'я хлорорганічних сполук.

Якість води на сьогодні у різних регіонах є низькою через причину відсутності повного комплексу очисних споруд, а також зон санітарної охорони.

Нажаль, не обладнані знезаражувальними установками частина водопроводів, зокрема в Одеській, Івано-Франківській, Тернопільській, Житомирській, і Закарпатській областях. При цьому основним методом очищення було і залишається хлорування, що призводить до утворення хлорорганічних сполук, які є небезпечними для здоров'я людини. Практично усі водойми наближаються до 4-го і 5-го класам якості, тобто характеризуються як забруднені і брудні. Навіть, якщо вода правильно очищена, вона може знову перетворитися на брудну через старі труби водопостачання [18].

В пробах питної води на першому місці досить часто виявляють відхилення за органолептичними показниками – 72%; на другому місці виявляють вищу норми мінералізацію – 28%; а на третьому – перевищення гранично допустимої концентрації хімічних речовин – 16%. Можна виділити такі джерела забруднення води:

– Стічні води. Загалом мова йде про забруднення, спричинене життєдіяльністю людини: бруд, продукти життєдіяльності, миючі засоби,

стічні води. Іншими словами, сюди відносяться каналізаційні стоки.

– Фермерські господарства. Сюди можна віднести добрива, гербіциди, інсектициди і органічні відходи, які вимиваються і потрапляють в підземні і поверхневі води.

– Промислові відходи. Промислові підприємства сприяють виділенню таких речовин, як ртуть, фтор, мідь, радіоактивні частки, залізо у воді. До «найшкідливіших» виробництв відносять чорну металургію, нафтопереробні і целюлозно-паперові заводи.

– Витоки нафти. Витоки нафти також забруднюють довкілля, мають неприємний запах, спричиняють загибель птахів і риби у водоймах. При цьому нафтопродукти скупчуються на поверхні води і перешкоджають доступу кисню і світла.

– Тверді відходи. Через них багато водойм світу і України вже перетворились на помийні ями, що призвело до забруднення води і зашкодило здоров'ю великої кількості людей. Серед твердих відходів, що забруднюють довкілля, поширеними є пластикові пляшки, пакети, гравій, щебінь, відпрацьований ґрунт. Тому водойми перетворюються на смітники, гинуть підводні жителі, водоплаваючі птахи, які заплутуються у цьому смітті.

– Теплове забруднення. Атомні та теплові електростанції зливають теплу воду у водойми, а це, в свою чергу, підвищує температуру водойм. По цій причині гине риба та інші жителі водойм. Крім цього, це призводить до прискореного заростання водойм водоростями і загибелі ендемічної рослинності.

– Атмосферні забруднення. В результаті господарської діяльності утворюються зола, попіл, сажа і різні гази. При цьому забруднюється повітря. Через оксиди сірки та азоту, які з'єднуються з киснем тавологою, на землю випадають опади у вигляді кислотних дощів. Забруднена вода завдає величезної шкоди здоров'ю людини і навколишньому середовищу. Зокрема, небезпека забрудненої води полягає в тому, що може стати

причиною розвитку багатьох захворювань.

- Інфекційні та кишкові захворювання. Споживання забрудненої води викликає спалахи гепатиту, дизентерії і холери. На жаль, цей перелік не є вичерпним, кількість людей, що захворіли через забруднену воду щороку зростає як в Україні, так і у всьому світі;
- Руйнування шкірного та волосяного покриву. Навіть коли людина не п'є воду з-під крану, немає ніяких гарантій безпеки. Приймаючи душ, миючи посуд, перучи білизну у брудній воді кожна людина наражає себе і близьких на серйозну небезпеку;
- Стоматологічні проблеми. Споживання і користування забрудненою водою призводить до руйнування емалі зубів, провокує карієс, інші хвороби зубів;
- Важкі захворювання, генетичні мутації. Накопичення в організмі людини певних елементів (хлору, хрому, свинцю, кадмію, заліза) провокує безліч хвороб, викликає безпліддя й імпотенцію у чоловіків. Ті ж хімічні елементи та їх сполуки можуть призводити до втрати сну, нервових розладів, провокувати онкологічні захворювання. Є дані, що в деяких країнах, споживання забрудненої води призвело до генетичних мутацій серед тварин і людей;
- Паразити. Забруднена вода є джерелом зараження людини різноманітними паразитами. Зрозуміло, що в такому випадку мова йде про значне погіршення здоров'я великої кількості людей.

Це далеко не всі загрози споживання забрудненої води. Статистика стверджує, що 80% хвороб людини спричинені споживанням брудної води. Вода є фактором передачі багатьох інфекцій бактеріального та вірусного походження. Однак, небезпеку для здоров'я становлять ще й різноманітні хімічні сполуки, що можуть бути у питній воді, якщо їх вміст перевищує гранично допустимі норми. Впродовж останніх років зростає нітратне забруднення ґрунтових вод, які широко використовуються у сільській місцевості для децентралізованого водопостачання, внаслідок

ненормованого використання в колективних господарствах та у приватному секторі мінеральних і особливо органічних добрив [16, 17].

Однією із причин наявності нітратів у колодязях є недотримання їхніми власниками санітарних вимог при облаштуванні та утриманні колодязів, вигрібних ям, надвірних туалетів, місць утримання худоби, тощо.

Вода, забруднена нітратами, надзвичайно небезпечна для дитячого організму, а особливо для дітей у перші місяці життя. Ризик розвитку водно-нітратної метгемоглобінемії у дітей, особливо першого року життя, пов'язаний насамперед із недосконалістю ферментних систем організму, біохімічних процесів, що відбуваються в ньому. При тривалому вживанні забрудненої нітратами води і овочів розвивається хронічна нітратна інтоксикація. Чутливими до нітратів є також особи похилого віку, хворі на анемію, дихальну та серцево-судинну системи [18].

Російська агресія призвела до порушення роботи систем водопостачання в різних регіонах країни. Так, наприклад, в березні 2022 року були пошкоджені не тільки системи Чернігівського водоканалу, а й очисні споруди. Також було зруйновано очисні споруди в Запорізькій області, а стоки самопливом надходять у Дніпро. В липні 2022 року пошкоджень зазнало близько 100 об'єктів Харківського водоканалу. Ремонтні роботи та оцінка екологічної шкоди можливими будуть тільки після деокупації.

Внаслідок бойових дій близько 4,6 мільйонів людей позбавлені доступу до питної води. Зруйнована комунальна інфраструктура міст, які опинилися під тимчасовою окупацією. Російська агресія призвела до забруднення водойм у громадах по всій території України, яка зазнавала масованих ракетних ударів. Досить небезпечними є шкідливі речовини, які утворилися внаслідок техногенних аварій і потрапили у водойми з поверхневим стоком, а також розлив нафтопродуктів в результаті знищеної техніки. Крім того, небезпечним є забруднення залишками боєприпасів та ракетним паливом.

Так, в квітні 2022 року під час ракетної атаки на Тернопільщину уламки

ракети пошкодили резервуари з мінеральними добривами в Кременецькому районі, внаслідок чого сталося забруднення р. Іква. В осередку забруднення було зафіксоване перевищення ГДК по амонію в 163 рази, нітритах – в 7 разів, нітратах – в 47,9 разів, залізу – в 7 разів, БСК – в 1,9 рази. Велику загрозу здоров'ю людини несе також забруднення боєприпасами. Так, в травні 2022 року касетні снаряди розірвалися над акваторією водосховища на Дніпропетровщині. На Київщині впродовж 2022 та 2023 років підіймали з водойм уламки російських ракет. Найнебезпечнішим є ракетне паливо та ймовірне забруднення водойм важкими металами. Це частина прикладів екологічної шкоди, завданої водоймам України через бойові дії [19].

Висновки до розділу 1

Забруднення води є однією з найбільших екологічних проблем сучасності, що має масштабний вплив на навколишнє середовище, здоров'я людини і розвиток суспільства. Вода — це основа життя, і її чистота визначає не лише стан екосистем, а й якість життя людей. Внаслідок діяльності людини — промисловості, сільського господарства, міського стоку — у водні ресурси потрапляє великий спектр забруднюючих речовин: хімічних сполук, важких металів, органічних відходів, мікроорганізмів та інших токсичних речовин.

Ці забруднення призводять до деградації водних екосистем, порушення біологічного балансу, загибелі водних організмів, а також накопичення токсичних речовин у харчових ланцюгах, що в кінцевому підсумку позначається на здоров'ї людини. Споживання забрудненої води є однією з головних причин розвитку інфекційних, хронічних, онкологічних і генетичних захворювань. Особливу загрозу становлять важкі метали (свинець, кадмій, ртуть), пестициди та мікробіологічні забруднення, які мають властивість накопичуватися в організмі і чинити довгостроковий негативний вплив.

В Україні, з огляду на промисловий і аграрний розвиток, а також недостатній рівень очищення стічних вод, проблема забруднення води набирає особливого масштабу. Важливо посилити державний контроль за джерелами забруднення, впроваджувати сучасні технології очистки, розвивати системи моніторингу якості води, а також формувати у населення культуру відповідального ставлення до водних ресурсів.

Тільки комплексний і системний підхід, що включає законодавчі, технологічні, освітні та екологічні заходи, здатен забезпечити сталий розвиток водних ресурсів, зберегти екологічну рівновагу та здоров'я майбутніх поколінь.

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

2.1 Глобальні програми екологічного моніторингу Світового океану

Сучасний Світовий океан зазнає значного антропогенного навантаження, що призводить до зменшення природної здатності морських екосистем до самовідтворення (самоочищення) та саморегуляції. У деяких його областях виникла напружена екологічна ситуація, утворилися поля хронічного забруднення.

Тому спостереження за екологічним станом Світового океану з метою розроблення ефективних заходів зі збереження цієї екосистеми з кожним роком стають усе необхіднішими. Для збереження ресурсів Світового океану та забезпечення його нормального функціонування існує екологічний моніторинг.

Екологічний моніторинг Світового океану – це спостереження за його станом з метою його контролю, прогнозу й охорони. Тобто три складові моніторингу: спостереження за факторами дії на морські екосистеми і за їх станом, оцінка фактичного стану Світового океану, прогноз його стану і оцінка прогнозного стану. Комплексний глобальний моніторинг Світового океану вирішує не лише екологічні, а й господарські й економічні проблеми та забезпечує інформування про можливі надзвичайні ситуації та застерігає їх виникнення.

Відповідно до резолюції Генеральної Асамблеї ООН від 15 грудня 1972 р. і з урахуванням рекомендацій Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища був утворений спеціальний міжурядовий орган — Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) зі штаб-квартирою у місті Найробі (Кенія).

За час свого існування ЮНЕП здійснила комплекс важливих екологічних заходів глобального значення. Під її егідою створена Глобальна

система моніторингу навколишнього середовища, провідну роль в якій відіграє охорона і використання ресурсів Світового океану. У 1995 р. започатковано проект — Глобальна екологічна перспектива — довгостроковий прогноз розвитку екологічної ситуації у світі.

Під егідою ЮНЕСКО у 1962 р. була створена Міжурядова океанографічна комісія, головні напрями роботи якої вимагають сприяння розвитку наукових досліджень Світового океану та його ресурсів; забезпечення належного функціонування глобальної системи спостережень за Світовим океаном; тощо. Інші спеціалізовані органи і установи ООН ведуть такі аспекти міжнародного екологічного співробітництва: Міжнародна морська організація (ІМО) — розробка технічних засобів запобігання і ліквідації наслідків забруднення моря. З цією метою у складі ІМО діє Комітет з охорони морського середовища; Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) — глобальна система моніторингу навколишнього середовища, вивчення та узагальнення впливу антропогенних факторів на погоду і клімат планети та її окремих регіонів (Світовий океан, Антарктика тощо).

Досить численною є система міжурядових органів і організацій регіонального екологічного співробітництва у сфері глобального моніторингу. Мова йде зокрема про Європу, третину території якої охоплює море. Європейський Союз, Рада Європи, Організація з безпеки і співробітництва в Європі (ОБСЄ), Європейська економічна комісія ООН, НАТО, СНД та деякі інші інституції беруть участь у світовій організації з питань глобального моніторингу Світового океану. Зокрема, океан є важливим напрямком діяльності в рамках Глобального моніторингу в інтересах охорони навколишнього середовища та безпеки (ГМЕС). ГМЕС була створена за спільної ініціативи Європейського космічного агентства (ЄКА) і Європейського союзу (ЄС), щоб інтегрувати наземні та космічні джерела інформації для отримання точних портретів нинішнього стану нашої планети. ГМЕС зосереджує свою увагу на моніторингу якості води, з

акцентом на двох важливих компонентах: виявлення і відстеження розливів нафти, як хімічно та фізично небезпечним для морського навколишнього середовища; і прогнозування цвітіння токсичних водоростей, які створюють загрозу забруднення зростаючих аквакультур. 1 січня 2009 року був введений в дію проект «MyOcean». Він охоплює такі теми, як безпека на морі, розливи нафти, раціональне використання морських ресурсів, зміна клімату, сезонні прогнози, безпека прибережних зон, льодова розвідка та забруднення води.

Існує як програма комплексного глобального моніторингу Світового океану, так і регіональні та локальні програми. Тобто, крім спільного спостереження за станом морських екосистем, кожна країна, що має вихід до Світового океану, розробляє власну моніторингову програму, яка відповідає міжнародним нормативно-правовим актам з питань охорони Світового океану. Для організації спостережень за станом Світового океану (тут мається на увазі якість морської води) встановлено три категорії пунктів спостереження.

Пункти 1-ої категорії призначені для спостереження за якістю води в прибережних районах, які мають важливе господарське значення. Вони розміщуються: у районах водокористування населення; у портах і припортових акваторіях; у місцях нересту та сезонного скупчення цінних риб та інших морських організмів; у місцях скиду міських стічних вод і стічних вод промислових та сільськогосподарських комплексів; у районах розробки та транспортування корисних копалин; на гирловому узмор'ї великих річок.

Пункти 2-ої категорії призначені для спостереження за якістю води прибережних районів і районів відкритого моря, а також для дослідження сезонної та річної зміни рівня забрудненості морських вод. Вони розміщуються в районах, де надходження забруднюючих речовин проходить за рахунок процесів міграції.

Пункти 3-ої категорії призначені для спостереження за якістю

морських вод у районах відкритого моря , для дослідження річної зміни забруднення морських вод та для розрахунку балансу хімічних речовин. Таким чином, спостереження за якістю води в пунктах 1-ої категорії проводять в місцях скиду забруднюючих речовин, на пунктах 2-ої категорії – в забруднених районах морів та океанів, у пунктах 3-ої категорії – у відносно чистих водах. Глобальний моніторинг Світового океану має на меті спостереження над станом вод, що дає змогу попередити та запобігти критичним наслідкам антропогенного втручання в морську екосистему. Ми повинні розуміти актуальність та значення глобального моніторингу, адже Світовий океан – одна з основ існування всього живого [21].

2.2 Пластикове забруднення: масштаби та загрози

Пластикові відходи становлять значну частину антропогенного забруднення навколишнього середовища. Вони можуть мати різні форми, розміри та склад, що впливає на їхні фізичні та хімічні властивості, а отже, і на їхній вплив на екосистеми водойм. Основні види пластикових відходів можна класифікувати таким чином: Поліетилен (PE)

Поліетилен - це полімер, що має високу міцність та гнучкість. Він широко використовується у виробництві пакувальних матеріалів, пляшок для напоїв, пластикових пакетів та інших продуктів. Поліетилен може бути виготовлений як високої щільності (HDPE), так і низької щільності (LDPE), залежно від його властивостей та застосування.

Поліетилен є одним з найпоширеніших видів пластику, який використовується для виробництва поліетиленових пакетів, пляшок, контейнерів тощо. Властивості:

- Висока міцність на розрив
- Стійкість до хімічних речовин
- Низька щільність
- Тривалий час розкладання в природі (до 500 років)

Поліпропілен (PP)

Поліпропілен - це термопластичний полімер, який має високу термостійкість та хімічну стійкість. Він широко використовується для виробництва упаковки, текстилю, автомобільних деталей та інших продуктів. Поліпропілен може бути прозорим або містити добавки для зміцнення або зміни кольору.

Поліпропілен широко використовується для виробництва упаковки для харчових продуктів, труб, автомобільних деталей та текстилю. Властивості:

- Висока термостійкість
- Відмінна хімічна стійкість
- Низька щільність
- Тривалий час розкладання (до 300 років)

Полівінілхлорид (PVC)

Полівінілхлорид - це полімер, який володіє високою міцністю, хімічною стійкістю та електричною ізоляцією. Він широко використовується для виробництва труб, пластикових вікон, оббивки меблів, іграшок та інших виробів. Однак важливо враховувати, що при розкладанні PVC може виділяти токсичні речовини, що є питанням у сфері охорони здоров'я та екології.

Полівінілхлорид використовується для виробництва труб, обкладинок, іграшок, будівельних матеріалів та упаковок. Властивості:

- Висока міцність
- Стійкість до корозії
- Відмінна електроізоляція
- Може виділяти токсичні речовини при розкладанні

Полістирол (PS)

Полістирол - це легкий та міцний полімер, який використовується для виробництва одноразового посуду, пакувальних матеріалів, ізоляційних матеріалів та інших виробів. Він може бути прозорим або містити добавки для зміни кольору. Полістирол досить стійкий до хімічних речовин, але має довгий час розкладання в природі.

Полістирол застосовується у виробництві одноразового посуду, пакувальних матеріалів, ізоляційних матеріалів. Властивості:

- Низька вага
- Добрі ізоляційні властивості
- Слабка хімічна стійкість
- Тривалий час розкладання (до 500 років)

Поліетилентерефталат (PET)

Поліетилентерефталат - це прозорий, міцний та легкий полімер, який широко

використовується для виробництва пляшок для напоїв, контейнерів для харчових продуктів та текстильних волокон. Він має дуже високу міцність та хімічну стійкість, а також відносно швидко розкладається при переробці.

Поліетилентерефталат часто використовується для виготовлення пластикових пляшок, контейнерів для харчових продуктів та текстильних волокон. Властивості:

- Висока міцність
- Відмінна стійкість до ударів
- Гарна хімічна стійкість
- Порівняно швидкий час розкладання при переробці.

Поліуретан (PU)

Поліуретан - це високоміцний полімер, який використовується для виробництва меблів, матраців, взуття, ізоляційних матеріалів та інших виробів. Він має високу міцність та еластичність, що робить його дуже популярним матеріалом для різних застосувань. Поліуретан використовується у виробництві меблів, матраців, взуття та ізоляційних матеріалів.

Властивості:

- Висока міцність на розтяг
- Відмінна стійкість до зносу
- Гнучкість та еластичність

- Відносно складний процес розкладання

Кожен вид пластику має унікальні властивості, які визначають його поведінку у водному середовищі та вплив на екосистеми. Визначення типу пластику та розуміння його властивостей є важливими кроками у розробці ефективних методів боротьби з пластиковим забрудненням водою [22].

2.3 Пластикові відходи: види, джерела та шляхи потрапляння у водойми.

Пластикові відходи можуть бути класифіковані за різними критеріями, включаючи їхню форму, джерело походження та властивості. Нижче наведено кілька основних видів пластикових відходів:

1. Одноразові вироби: Це включає пляшки для води та напоїв, пластикові пакети, столові прилади, стакани, тарілки та інші вироби, які призначені для одноразового використання та потім викидаються. Ці вироби, такі як пляшки, столові прибори, пакети, і контейнери для їжі, використовуються лише один раз, а потім викидаються. Їх широке поширення призводить до масштабного забруднення морів, океанів, лісів і міських просторів. Пластикові відходи руйнують екосистеми, загрожують здоров'ю тварин, загрожують здоров'ю людей через відходи, що потрапляють у їжу та воду, і є складними для розкладання. Багато з цих виробів використовуються лише декілька хвилин, але їхні наслідки для середовища можуть тривати століттями. Зменшення використання одноразових пластикових виробів і перехід до більш стійких альтернатив є важливим кроком у збереженні нашої планети для майбутніх поколінь.

2. Упаковка: Пластикові упаковки є одним з найпоширеніших видів пластикових відходів. Це включає плівку, контейнери, пляшки, банки, пакети та інші матеріали, які використовуються для упаковки продуктів харчування, товарів широкого вжитку та інших товарів. Проблема полягає в тому, що багато упаковки складається з суміші різних матеріалів, які важко або навіть неможливо відновити або переробити. Це ускладнює їх

рециклювання і сприяє накопиченню пластикових відходів у природі. Деякі компанії та виробники працюють над впровадженням біорозкладних матеріалів для упаковки, а також намагаються зменшити використання пластику шляхом переходу до альтернативних матеріалів, таких як біопластик, папір, картон або скло. Однак, цей процес вимагає часу і зусиль для впровадження інновацій та зміни споживчих звичок.

3. Промислові відходи: Це включає в себе відходи, що виникають у процесі виробництва пластикових виробів та конструкцій. Це можуть бути невикористані частини, дефектні вироби, зрізи, стружки та інші залишки. У цій категорії також потрапляють відходи від упаковки і транспортування сировини для виробництва пластикових матеріалів. Інші джерела промислових пластикових відходів включають в себе устаріле обладнання, що вимагає видалення, та некоректно використану або непридатну для використання сировину.

4. Електроніка: Пластикові відходи від електроніки включають корпуси комп'ютерів, телефонів, планшетів, телевізорів, моніторів та інших пристроїв, які викидаються після закінчення експлуатації.

5. Будівельні матеріали: Це включає в себе пластикові труби, панелі, листи, ізоляційні матеріали та інші компоненти, які використовуються у будівництві та ремонті. Пластик використовується для виготовлення корпусів пристроїв, дротів та кабелів, пластикових плат, упаковок для електроніки та багато іншого. Крім того, пластик використовується для захисту ізоляції проводів та електронних компонентів.

6. Медичні відходи: Пластикові відходи у медичній сфері включають медичні упаковки, шприци, апарати, захисні костюми та інші матеріали, які використовуються в лікарнях та медичних установах. Багато медичних виробів мають одноразове призначення, що призводить до великого обсягу пластикових відходів. Ці відходи можуть бути забруднені біологічними речовинами або небезпечними хімікатами, що ускладнює їх переробку та

видалення[22].

2.4 Вплив пластикових відходів на фізико-хімічні властивості води.

Пластикові відходи значно впливають на фізико-хімічні властивості води, змінюючи середовище проживання водних організмів і спричиняючи численні екологічні проблеми. Вплив пластику на фізико-хімічні властивості води можна розглядати за декількома аспектами.

Перш за все, плаваючий пластик може зменшувати кількість світла, що проникає в товщу води. Це особливо стосується щільних сміттєвих плям на поверхні води. Зниження інтенсивності світла впливає на фотосинтезуючі організми, такі як фітопланктон та водні рослини. Внаслідок цього знижується продуктивність первинної продукції та рівень кисню у воді, що може призвести до гіпоксії або навіть до анаеробних умов, несприятливих для багатьох водних видів.

По-друге, пластик у воді може виділяти різноманітні хімічні сполуки, такі як фталати, бісфенол А (БРА) та інші добавки, що використовуються у виробництві пластику. Ці сполуки можуть бути токсичними і впливати на ендокринну систему водних організмів, викликаючи гормональні порушення, зниження репродуктивної здатності та інші негативні ефекти. Деякі з цих хімічних речовин мають кумулятивний ефект, накопичуючись у тканинах організмів і передаючись по харчовому ланцюгу.

Крім того, пластикові відходи можуть поглинати і концентрувати токсичні забруднювачі з води, такі як важкі метали, пестициди та інші органічні забруднювачі. Ці забруднювачі можуть потім потрапляти в організми, що споживають пластик, і спричиняти токсичні ефекти. Наприклад, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), які є відомими канцерогенами, можуть адсорбуватися на поверхні пластикових частинок, збільшуючи ризик для здоров'я водних організмів та людей, які споживають забруднену рибу або інші морепродукти.

Пластик також може фізично змінювати структуру водних екосистем.

Наприклад, великі скупчення пластикових відходів можуть змінювати гідрологічні умови, впливаючи на потік води та утворення донних відкладень. Це може впливати на розподіл поживних речовин і кисню в системі, змінюючи умови життя для багатьох організмів.

Нарешті, пластикові частинки можуть впливати на температуру води. Пластик має здатність до поглинання та утримання тепла, що може призводити до локального підвищення температури води, особливо в малих водоймах або в місцях з високою концентрацією пластику. Це підвищення температури може мати негативні наслідки для водних організмів, які є чутливими до температурних змін.

Враховуючи ці фактори, стає очевидним, що пластикові відходи мають комплексний і багатогранний вплив на фізико-хімічні властивості води, змінюючи її екологічний баланс та ставлячи під загрозу здоров'я водних екосистем та організмів, включаючи людей. Вирішення цієї проблеми вимагає ефективних заходів з управління відходами, зменшення виробництва пластику та покращення системи його переробки.

Одним з важливих аспектів впливу пластикових відходів на фізико-хімічні властивості води є зміна рН та окислювально-відновного потенціалу (ОВП) водного середовища. Пластик, зокрема, мікропластик, може взаємодіяти з іншими хімічними речовинами, присутніми у воді, впливаючи на її хімічні властивості. Наприклад, мікропластик може виступати як носій для мікроорганізмів, які сприяють біоплівковому росту на його поверхні. Ці біоплівки можуть змінювати хімічний склад води, впливаючи на процеси окислення та відновлення, а також на баланс поживних речовин.

Іншою важливою проблемою є зменшення розчиненого кисню у воді, яке може бути спричинене високою концентрацією пластику. Пластикові відходи можуть перешкоджати нормальному газообміну між водою та атмосферою, зменшуючи рівень кисню, доступного для водних організмів. Це може призводити до гіпоксичних умов, що є особливо небезпечними для риб та інших водних видів, які залежать від достатньої кількості

розчиненого кисню для свого існування.

Пластикові відходи також можуть впливати на прозорість води. Великі скупчення пластику на поверхні або у товщі води можуть значно знижувати прозорість, що, в свою чергу, впливає на фотосинтетичну активність водних рослин та фітопланктону. Зменшення фотосинтезу може призводити до зниження продуктивності екосистеми та зміни харчових ланцюгів, оскільки фітопланктон є основним джерелом їжі для багатьох водних організмів.

Одним з критичних аспектів впливу пластикових відходів є можливість перенесення інвазивних видів. Пластикові об'єкти, що плавають у воді, можуть слугувати транспортними засобами для різних організмів, таких як морські безхребетні, водорості та бактерії. Ці організми можуть прикріплюватися до пластикових відходів і переноситися на великі відстані, потрапляючи в нові екосистеми, де вони можуть стати інвазивними видами. Це може призвести до порушення місцевих екосистем, зниження біорізноманіття та економічних збитків.

Пластикові відходи також можуть спричиняти фізичне пошкодження водних організмів. Риби, птахи, морські ссавці та інші види можуть заплутуватися в пластикових відходах або ковтати їх, що може призводити до травм, задухи, голодування та смерті. Особливо вразливими до таких впливів є молоді особини та види, що годуються на поверхні води або у прибережних зонах.

Усі ці фактори разом призводять до комплексного впливу пластикових відходів на водні екосистеми, що вимагає багаторівневих підходів до вирішення проблеми. Необхідно впроваджувати ефективні програми з очищення водойм, покращення системи збору та переробки пластику, розробки екологічно чистих альтернативних матеріалів, а також освітні програми для підвищення обізнаності громадськості щодо важливості збереження водних ресурсів і мінімізації пластикових відходів[22].

2.5 Вплив на гідробіонтів: мікроорганізми, риби, молюски та інші.

Вплив пластикових відходів на гідробіонтів, таких як мікроорганізми, риби, молюски та інші водні істоти, становить серйозну загрозу для здоров'я і стабільності водних екосистем. Пластик, який накопичується у водоймах у вигляді великих фрагментів або мікрочастинок, впливає на різні рівні живих організмів, від найдрібніших мікроорганізмів до великих водних хребетних. Враховуючи значення водних екосистем для здоров'я планети, важливо розуміти наслідки, які це може мати для різноманіття життя у воді. У цьому контексті вивчення впливу пластикових відходів на гідробіонтів є актуальним і важливим завданням для збереження природних ресурсів і забезпечення сталого розвитку.

Пластикові відходи мають серйозний вплив на гідробіонтів, таких як мікроорганізми, риби, молюски та інші морські і прісноводні організми. Ось кілька основних способів, які це відбувається:

1. Забруднення середовища: Велика кількість пластикових відходів потрапляє в водні екосистеми через смітєві води, сміттєзвалища, а також в результаті недоочищення водойм. Це створює середовище, насичене пластиком, яке може бути шкідливим для біологічного розвитку. Розпад пластику на мікрочастки сприяє його проникненню в харчовий ланцюг, що може мати негативні наслідки для здоров'я тварин і людей, які споживають морепродукти. Більшість морських ссавців, птахів та риб попадаються у пластикові відходи або плутаються у них, що призводить до задушення, обмеження руху або отруєння.

2. Загроза життю тварин: Багато гідробіонтів сплутують пластикові частинки з їжею, що може призвести до їх споживання та загибелі. Наприклад, морські птахи часто плутають кольорові пластикові фрагменти з рибою, що може викликати задухування або пошкодження під час перетравлення.

3. Токсичні речовини: Пластик може абсорбувати токсичні речовини з навколишнього середовища, такі як полікарбонати або полістироли. Коли ці частинки потрапляють в організми, вони можуть викликати серйозні

проблеми зі здоров'ям, включаючи отруєння та рак.

4. Зміна екосистеми: Пластикові відходи можуть впливати на біологічну різноманітність та екосистемні послуги. Наприклад, якщо молюски чи інші організми використовують пластик як субстрат для відкладання яєць, це може призвести до зміни розподілу та конкуренції серед видів.

5. Мікропластик та нанопластик: Окрім видимих великих шматків пластику, існує також проблема мікропластику та нанопластику.

Мікропластик - це частки пластику розміром менше 5 мм, а нанопластик – ще менші, на рівні нанометрів. Вони потрапляють в водойму через розчинення або розпад більших предметів пластику, а також через косметичні засоби та текстильні волокна. Ці частки можуть бути споживані мікроорганізмами на нижніх рівнях харчового ланцюжка, що потім може привести до їх накопичення в організмах риб та інших вищих організмів.

6. Посилення ефекту токсинів: Пластик може бути носієм токсичних речовин, таких як пестициди та важкі метали. Коли ці речовини абсорбуються пластиком і потрапляють в водойму, вони можуть накопичуватися в тканинах гідробіонтів, посилюючи токсичність для них та для тих, хто споживає цих організмів.

7. Порушення розподілу енергії в екосистемі: Захоплення пластикових відходів може порушити потік енергії в екосистемі, оскільки вони можуть перешкоджати нормальному життєвому циклу організмів. Наприклад, риби можуть заплутуватися в пластикові отвори, витрачаючи більше енергії на виживання замість росту та розмноження[22].

2.6 Нафтова індустрія та її вплив на морське середовище

Проблема забруднення морів у результаті нафтогазового техногенезу набула нині глобального характеру. Серед речовин, що забруднюють морське середовище, одне з перших місць займають нафта та продукти її переробки. Внаслідок впливу суспільства на природу протягом останніх 100

років забруднення води нафтопродуктами збільшилось у 3000 разів, що завдає колосальних економічних та екологічних збитків басейну Світового океану.

За різними оцінками, щорічно до Світового океану потрапляє від 500 тис. до 8 - 10 млн. т техногенних нафти та нафтопродуктів. Під час аварійних розливів з танкерних суден у море одночасно надходять тисячі тонн нафти, що згубно впливає на його екосистеми.

В даний час забруднення Світового океану нафтою та нафтопродуктами досягло вже 1/5 його загальної поверхні. Тільки 1 т нафти здатна покрити до 12 км² поверхні моря. А нафтова плівка порушує всі фізико-хімічні процеси: підвищується температура поверхневого шару води, погіршується газообмін, риба йде або гине, але й нафта, яка осіла на дно, довгий час шкодить усьому живому.

Зараз діє розроблена Міжнародна конвенція щодо забезпечення готовності на випадок забруднення нафтою, боротьби з ним та співпраці. Наразі її учасниками є понад 70 держав.

Нафта є складною сумішшю багатьох компонентів вуглеводнів. У великих концентраціях молекули вуглеводнів є високотоксичними для багатьох організмів. Нафта також містить сполуки сірки та азоту, які небезпечні самі по собі та можуть реагувати з докільям, у результаті виникають вторинні отруйні хімічні речовини.

Причини потрапляння нафтових забруднень у водоймища численні. Це надходження забруднень з неочищеними або погано очищеними стічними водами промислових та транспортних підприємств, житлово-комунальних об'єктів, флоту, втрати нафти при її видобутку та транспортуванні, аваріях нафтопроводів та продуктопроводів, аварійних ушкодженнях танкерів, аваріях на бурових установках.

Характер і тривалість впливу розливу нафти залежить від широкого спектра чинників. До них відносяться: кількість та тип розлитого продукту;

його поведінка у морському середовищі; розташування розливу в умовах довкілля та фізичних характеристик; і терміни, особливо щодо сезону та переважаючих погодних умов.

Чорноморський басейн, як і акваторії Світового океану, схильні до забруднення нафтою при експлуатації суден, тому що в рік Чорним морем проходить біля 50 тис. суден, кожне забруднює море. Згідно зі статистичними даними, більшість нафтових компонентів потрапляє в Чорне море при безаварійних ситуаціях, на частку аварійних розливів припадає в середньому до 1%.

Наприклад, на східному березі Малого Аджалицького лиману розташована бункерувальна база. Налив нафтопродуктів у танкери та їх приймання з танкерів відбувається на причалах, до яких швартуються танкери. Транспортування (перекачування) нафтопродуктів здійснюється по блокувальних та внутрішньомайданчикових трубопроводах під надлишковим тиском насосами або самопливом (за рахунок перепаду висот). Під час експлуатації транспортних трубопроводів завжди є імовірність викиду нафтопродуктів у навколишнє середовище. Потрапляння нафтопродуктів у воду можливе через пошкодження або руйнування танків судна внаслідок їх переповнення через помилкові дії персоналу об'єкта або екіпажу судна під час наливу, неприпустиме розрідження в них в разі відмови арматури під час зливу, або через виникнення аварії.

Малий Аджалицький лиман є особливо важливим природоохоронним об'єктом. Тому забруднення його вод нафтопродуктами матиме непоправний вплив на морські організми та екосистеми [23].

Висновки до розділу 2

Пластикові відходи та нафтопродукти є одними з головних забруднювачів водних екосистем, що суттєво впливає на фізико-хімічні властивості води, гідробіонтів та загалом на стан морського середовища. Пластик, особливо у вигляді мікропластику, змінює прозорість і хімічний склад води, знижує рівень розчиненого кисню, накопичує токсичні речовини та порушує природний баланс екосистем. Це призводить до токсичних і фізичних ушкоджень у водних організмів — від мікроорганізмів до риб і молюсків — що загрожує біорізноманіттю та функціонуванню харчових ланцюгів.

Водночас нафтове забруднення, зокрема унаслідок аварійних розливів і регулярних техногенних викидів, чинить токсичний вплив на морське середовище. Нафта та її продукти, завдяки своїм хімічним властивостям, порушують фізико-хімічні процеси в воді, спричиняють загибель організмів і довготривалі негативні наслідки для екосистем.

Особливо гостро ця проблема стоїть для регіонів з інтенсивним судноплавством і промисловою діяльністю, як, наприклад, Чорноморський басейн та Малий Аджалицький лиман. Для збереження водних ресурсів і підтримки екологічної стабільності необхідне впровадження комплексних заходів з управління відходами, підвищення ефективності очищення, розвитку альтернативних матеріалів, а також міжнародної співпраці у сфері запобігання та ліквідації забруднень.

Тільки поєднання наукових досліджень, політичної волі та громадської свідомості дозволить зменшити негативний вплив пластикових і нафтових відходів на водні екосистеми та зберегти їх для майбутніх поколінь.

РОЗДІЛ 3

ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ВІД НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ

3.1 Проблеми очищення водних ресурсів від нафтових забруднень

У сучасному світі транспорт є одним із основних джерел забруднення навколишнього середовища. Особливо це стосується викидів шкідливих речовин у повітря внаслідок згоряння палива, а також розливів нафти та нафтопродуктів, які потрапляють у воду та ґрунт.

Наприклад, лише один літр нафти здатен забруднити до мільйона літрів води. Таке забруднення чинить серйозний негативний вплив на водну екосистему: тонкий нафтовий шар на поверхні води блокує доступ кисню, що загрожує життю водяних рослин і тварин.

Нафтове забруднення шкідливе не лише для водної фауни — воно отрує комах, порушує процес фотосинтезу у водяних рослин та руйнує харчові ланцюги. Особливо страждають дикі птахи, адже нафта порушує водовідштовхувальні властивості їхнього пір'я.

В умовах війни масштаби нафтового забруднення суттєво зросли через руйнування інфраструктурних об'єктів — таких як нафтосховища, судна водного транспорту чи трансформаторні станції. До цього додаються також аварії, пов'язані з затопленням вантажних суден у морі.

Процеси здобичі, транспортування, переробки і утилізації часто супроводжуються виділеннями шкідливих речовин в атмосферу і розливами нафтопродуктів. Таким чином, нафта і нафтопродукти потрапляють в довкілля і завдають їй значного екологічного збитку. Найбільшу екологічну небезпеку представляють розливи нафти на поверхні морів, водойм і річок, оскільки при цьому впродовж декількох годин тонка плівка нафтопродуктів може покрити десятки і сотні квадратних кілометрів водної поверхні, переміщаючись з течією води, і розливи нафти досить складно локалізувати. Що утворюється при цьому

на водній поверхні плівка вуглеводнів перешкоджає вступу кисню у воду, порушується повітрообмін. Крім того, частина шкідливих вуглеводнів розчиняється у воді і згубно впливає на мешканців гідросфери. Страждають усі компоненти екосистеми: ґрунти, водойми, атмосфера, рослинний і тваринний світ. Безпека життєдіяльності людини знаходиться під загрозою. Різноманіття існуючих методів і активний пошук нової технології, що дозволяє ефективно боротися із забрудненнями нафтою і нафтопродуктами і низькою вартістю, що при цьому володіє, доводить актуальність існуючої проблеми. На даний момент існують різні способи і речовини, що дозволяють боротися із забрудненнями нафтопродуктами. Усі вони мають свої переваги і недоліки [24].

При виборі методу ліквідації розливу нафти, що потрапила в довкілля, треба виходити з наступних принципів:

- проведення робіт в найкоротші терміни;
- проведення операції по ліквідації розливу нафти не повинне завдати більшого екологічного збитку, чим сам аварійний розлив [25].

Розглянемо найбільш популярні з них.

Термічний метод. Термічний метод. Цей метод є малоефективним і незначним, оскільки тонкий шар нафти (менше 3 мм) горіти не буде, через охолоджувальну дію води. Так само проблемою цього методу є те, що горючі фракції випаровуються доволі таки швидко, це теж заважає горінню. Наприклад, щоб ліквідовувати наслідки екологічної катастрофи, яка сталася із-за аварії "Торі Каньйон", танкер бомбили і підпалювали, але це не принесло особливих результатів, згоріло тільки 1/5 - 1/6 частина нафти [25].

Механічний метод. У практиці ліквідація нафти з поверхні води здійснюється за допомогою нафтозбиральників різних модифікацій. Проте очищення таким методом обходиться майже в два рази дорожче, оскільки нафтозбиральники разом з нафтою всмоктують ще і 40-80%

води, яку у свою чергу теж треба очищати до ГДК як від плаваючої, так і від емульгованої нафти, перш ніж скидати її назад у водойму. Звідси собівартість очищення одиниці площі, забрудненої нафтою, зростає практично удвічі. А при товщині нафтової плівки 1-3 мм і менше, використання нафтозбиральників не раціональне [26].

Хімічний метод. Зменшення розміру нафтових часток збільшує швидкість процесу самоочищення водойми від нафтових забруднень, але чинить більше негативну дію на фауну водойми, чим що знаходиться на поверхні води нафтова плівка. Це доведено експериментально. Шкідливі з'єднання, що знаходяться в нафті і нафтопродуктах, можуть накопичуватися в морських організмах. Наприклад, канцерогенні поліциклічні вуглеводні, накопичені гідробіонтами можуть проходити через багатьох представників морського харчового ланцюга, не зазнаючи ніяких змін. Витрата детергентів при емульгуванні нафтової плівки складає 25% від маси нафти, а їх токсичність для морських організмів іноді порядком вище за токсичність нафти і їх застосування частенько тільки завдає ще більшої шкоди флорі і фауні водойми. В результаті емульгування нафта розбивається на найдрібніші краплі і чим дрібніше крапельки, тим легше вона потрапляє в організм мешканців водойми. При використанні ПАВ, нафта розсіюється по поверхні, але нафтове забруднення менше не стає, а привноситься ще і додаткове дуже токсичне забруднення у вигляді детергентів [27].

Мікробіологічний метод. Сам метод сформований на основі розкладання нафти за допомогою нафтоокислюючих бактерій. На основі десятка відомих штамів нафтоокислюючих бактерій виготовляють сухий порошок з масовою долею вологи приблизно 10% у поєднанні з біогенними солями для підгодівлі і активізації цих бактерій на первинному етапі. Цей процес застосовується при низькій концентрації забруднення. Цей метод ліквідації нафторозливів в практиці застосовується дуже рідко, оскільки існує маса обмежуючих чинників,

наприклад: швидкість і повнота деградації нафти нафтоокислюючих бактеріями залежить від температури води, чисельності бактерій і їх фізіологічної активності. При температурі $+10^{\circ}\text{C}$ активність нафтоокислюючих бактерій дуже слабка. Оптимальна температура для них $+20 - 45^{\circ}\text{C}$ [16].

Усі ці обмежувальні чинники не дозволяють широко застосовувати на практиці цей метод для ліквідації нафторозливів.

Фізико-хімічний метод. З усіх способів боротьби з нафтовими забрудненнями на поверхні води використання сорбентів, з екологічного погляду, є найбільш безпечним. Такі речовини повинні мати високу флотацію і нафтостримуючою здатністю, а так само повинні мати високу поглинальну здатність (не менше 8-10кг/кг сорбенту) [27].

3.2 Особливості нафтових забруднень в поверхневих і підземних водах

Відмінність властивостей нафти і води обумовлює особливості їх знаходження в поверхневих і підземних водах. Нафта і нафтопродукти є сумішшю вуглеводнів з різною розчинністю у воді:

Таблиця 3.1 - Розчинність нафтопродуктів у воді

Види нафтопродуктів	Розчинність у воді міліграма/дм³
Нафта	10-50
Бензин	9-55
Керосин	2-5
Дизельне паливо	8-22

Розчинність вуглеводнів збільшується в ряду: ароматичні, циклопарафінові, парафінові. Розчинна частка нафти у воді від усієї її маси мала і дорівнює 0,005 %, але при цьому необхідно враховувати дві обставини: перше, в число компонентів нафти, що розчиняються,

потрапляють найбільш токсичні її компоненти. Друге, нафта може утворювати з водою стійкі емульсії, так що в товщу води може перейти до 15% усієї нафти [28].

При змішуванні нафти з водою утворюється два типи емульсій :
пряма -

«нафта у воді» і зворотна - «вода в нафті». Прямі емульсії, що складаються з крапельок нафти діаметром до 0,5 мкм, менш стійкі і характерні для нафти, що містять поверхнево активні речовини [29].

В'язкі зворотні емульсії після видалення з нафти летких фракцій зберігаються на поверхні у вигляді тонкої нафтової плівки, яка переміщається зі швидкістю приблизно в два рази більшою, ніж швидкість течії води. При зіткненні з берегом і прибережною рослинністю нафтова плівка осідає на них. В процесі поширення по поверхні води легкі фракції нафти частково випаровуються, розчиняються, а важкі опускаються в товщу води, осідають на дно, забруднюючи донні відкладення. У таблиці 3.2 приведена класифікація нафтового забруднення поверхневих водойм.

Таблиця 3.2 - Класифікація нафтового забруднення водойм

Категорія забруднення	Характеристика забруднення	Зміст нафти, міліграма/л
-----------------------	----------------------------	--------------------------

Слабке	Нафтова плівка відсутня, присмак нафти слабкий, запах не відчувається. Забруднення не робить впливу на газовий режим мінералізацію, окислюваність і біохімічне споживання кисню води. Риба у водоймі мешкає нормально, розмножується, але має присмак нафтопродуктів. Негативний вплив на планктон трохи, на бентос - не встановлено.	<1.0
Середнє	Вода має запах і присмак нафти, поверхня покрита окремими нафтовими плямами. Вплив на газовий режим, мінералізацію, окислюваність і біохімічне споживання кисню води трохи або не спостерігається. Риба у водоймі мешкає, але має присмак нафтопродуктів. Спостерігаються випадки загибелі личинок риб і порушення нормального розвитку ікри і представників бентоса і планктону.	1-10
Сильне	Вода має запах і присмак нафти, окремі ділянки її поверхні покриті нафтовою плівкою. Спостерігається зміна газового режиму, мінералізації, окислюваності і біохімічне споживання кисню води. Риба уникає таких ділянок водойми. При випадковій затримці в цій зоні вона гине. Личинки риб і ікра гинуть. Планктон і бентос відсутні.	10-30
Дуже сильне	Вода має сильний запах і присмак нафти поверхня покрита суцільною нафтовою плівкою. Береги і рослинність покриті нафтою або мазутом. Планктон і бентос у воді відсутні. Вода непридатна для водокористування.	>30

Встановити прямий зв'язок між об'ємом витоку і площею забруднень поверхні води, дна водойми, його берегів, а також стійкість забруднень дуже важко. Орієнтовна оцінка площу забруднення можна отримати за зовнішнім виглядом розливої нафти (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 - Зовнішній вигляд нафтового забруднення залежно від об'єму розливої нафти

Кількість розливої нафти л/км²	Зовнішній вигляд
38	Окремі плями, ледве видимі при хорошій освітленості.
76	Окремі плями з сріблястим блиском.
152-304	Плями і веселкові плівки нафти на поверхні води, окремі забруднені нафтою ділянки берега і прибережної рослинності.
1000	Плями і плівки нафти на більшій частині поверхні води; береги і прибережна рослинність покриті нафтою, нафта спливає при взмучиванні дна.
2000	Коричнева плівка нафти (видна і при сильному хвилюванні). Береги і прибережна рослинність покриті нафтою. Нафта спливає при взмучиванні дна.

3.3 Порівняльний аналіз способів і методів очищення стічних вод і природних водойм від нафтових забруднень

Нафтовмісні води підрозділяються на дві різні групи: перша - це води природних водойм, забруднені в результаті аварійних і не санкціонованих скидань нафтопродуктів, а також за рахунок поверхневих стоків з міських і промислових майданчиків. Друга - це

стічні води, що утворюються в результаті технологічних процесів на об'єктах здобичі, зберігання, переробки і транспортування нафти, миття будь-якого виду транспорту. Жорсткі вимоги до якості води питного і господарчо-побутового призначення за змістом нафтопродуктів диктує необхідність видалення нафтових забруднень з поверхневих і стічних вод, які підлягають повторному використанню або зливу в природні водойми [30].

Технологічні схеми очищення від нафтопродуктів для цих груп забруднених вод відрізняються принципово. Проте об'єднує їх ефективне використання для видалення забрудника на різних стадіях сорбційних матеріалів.

Нафтові сорбенти - матеріали, вживані для збору нафти і нафтопродуктів з поверхні водойм [30]. Для визначення якості нафтових сорбентів використовують три основні показники: нафтопоглинання, водопоглинання, плавучість. Ефективність сорбентів для збору нафти оцінюють в першу чергу за значенням нафтоємності. Високе водопоглинання можна усунути практично для усіх матеріалів додатковою гідрофобізацією. Матеріали з низькою плавучістю можуть ефективно використовуватися у виробках з армуючою оболонкою - бонах, матах, серветках, губках [28].

Для виробництва нафтових сорбентів застосовують різноманітну сировину. Властивості деяких матеріалів, які використовуються при зборі нафти або служать основою для отримання нафтових сорбентів, приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Властивості різних матеріалів для збору нафти

Матеріал	Нафтопоглинання, г/г	Водопоглинання, г/г	Міра віджимання нафти %
Природні органічні матеріали			
Солома пшенична	4,1	4,2	36
Кора осики	0,5	0,8	25
Дерев'яна тирса	1,7	4,3	10-20
Відходи ватного виробництва	8,3	0,26	60
Торф	17,7	24,3	74
Макропористий технічний вуглець	4,0-4,5	0-1,0	10-81
Синтетичні органічні матеріали			
Пінополістирол: волокно	7,0-12,0	6,0-11,5	80-90
Поліпропілен: волокно	12-40	1-6	40-80
Каучукова крихта	5,1	0,3	0
Фенол-формальдегідна смола (порошок)	4,4	14,5	0
Поролон: листовий	14,5-35,2	1,3-25,9	75-85
Синтепон	46,3	42-52	94
Неорганічні матеріали			
Вспінений нікель	2,9	3,0	0
Скловолокно	5,4	1,7	60
Графіт модифікований	40,0-60,0	0,5-10,0	10-65
Базальтове волокно модифіковане	37	0,5	27

По механізму видалення нафти розрізняють сорбенти, для яких домінує фізична поверхнева сорбція. Тут збір нафти відбувається за рахунок адгезії на поверхню часток сорбенту. В цьому випадку кількість нафтопродуктів, що поглинаються, визначається величиною питомої поверхні матеріалу і її властивостями (гідрофобністю і олеофільністю). Як показують літературні дані, такий механізм збору нафти і нафтопродуктів реалізується для олеофільних порошкових і гранульованих матеріалів із закритою пористою структурою і матеріалів, в яких пори за розміром недоступні для молекул речовини, що видаляється.

Характерним прикладом цього механізму є збір нафти за допомогою порошкової смоли (розмір часток менше 1 мм) корбамідоформальдегідної, гранульованого поліпропілену і пінополістиролу [30].

Подрібнення матеріалу, що сорбував, є найбільш простим способом збільшення площі його поверхні і поглинявальної здатності по відношенню до нафти і нафтопродуктів. При подрібненні може досягатися критичний розмір часток сорбенту, коли процес змочування нафтою припиняється, і сорбція не відбувається. Реальна межа подрібнення в технології виробництва нафтових сорбентів залежить від природи використовуваного матеріалу і складає не менше 0,1 мкм [31].

Поглинання нафти і нафтопродуктів гідрофобними порошковими матеріалами не зводиться тільки до поверхневої сорбції. Цей процес в реальних умовах домінує при очищенні поверхні водою від мономолекулярних плівок забруднювача.

При контакті твердих олеофільних часток з товстою плівкою нафти навколо них утворюються міцели, що взаємодіють між собою з утворенням своєрідної сітчастої структури. Це призводить до значного збільшення в'язкості суспензії в цілому, і при великих концентраціях порошкових сорбентів в нафті спостерігається утворення щільних конгломератів. В цьому випадку порошкові гідрофобні матеріали грають

роль речовин-згущувачів і призводять до зменшення площі плями нафти [32].

При використанні гранульованого матеріалу із закритою пористою структурою (наприклад, гранульований полістирол і поліпропілен) розміщення нафти можливе лише між гранулами в шарі сорбенту за рахунок капілярних сил і олеофільності. При контакті шару з водою починається також всмоктування води в простір між гранулами незважаючи на гідрофобність сорбенту. Рідина між гранулами утримується за рахунок адгезії і капілярних сил, тому у відстійниках під дією гравітації відбувається часткове стікання з шару поглинача зібраної нафти (до 90 %) [28].

Інший вид нафтових сорбентів - це матеріали, для яких характерний процес поглинання нафти і нафтопродуктів усім об'ємом. Ефективність нафтопоглинання залежить від хімічної спорідненості матеріалу сорбенту і рідини, що поглинається, і від структури матеріалу. Поглинання нафти протікає в результаті початкового швидкого змочування поверхні сорбенту нафтою. Потім нафта повільніше проникає в пористу структуру матеріалу, заповнюючи усі порожнечі під дією, в основному, капілярних сил.

За структурним типом сорбенти діляться на волокнисті і об'ємно-пористі (із закритою або відкритою структурою пір). Волокнисті матеріали є системою хаотично укладених вільно розподілених в просторі тонких ниток. Вони, як правило, мають просторово неорієнтовану структуру, що дозволяє забрудненням контактувати з великою поверхнею в одиницю часу. Типовими волокнистими матеріалами для збору нафти є вата, повсть, тканини, синтепон, текстильний горошок, базальтове волокно та ін.

В процесі поглинання нафти волокна сорбентів здатні розсуватися, створюючи специфічну структуру сорбент - нафтопродукт, яка після збору починає поступово стискатися під дією сили тяжіння і

відціджувати до 20-25 % зібраного нафтопродукту [30].

Як показують ці таблиці, усі волокнисті сорбенти характеризуються високою мірою віджимання поглиненої нафти. Деякі поглиначі з волокнистою структурою демонструють досить високе водопоглинання (синтепон, листовий поролон завтовшки 18 мм), що обумовлено низькою гідрофобністю поверхні. Цей недолік може бути усунений введенням спеціальних гідрофобізуючих добавок.

Необхідно відмітити, що для волокнистих поглиначів характерна наявність періоду нестационарного стану структури матеріалу, впродовж якого відбувається збільшення об'єму сорбенту від мінімального значення при стискуванні до максимальної величини при пружному розширенні структури матеріалу. Якщо сорбент, що не має селективності до нафти, потрапляє в період нестационарного стану структури на дзеркало води з плівкою нафти, то поновлююча структура починає однаково інтенсивно поглинати нафту і воду. Це явище перешкоджає використанню таких матеріалів в механізованих пристроях для збору нафти [28].

Особливий інтерес представляють волокнисті композиційні нафтоуловлювачі, в яких як наповнювачі використовуються різноманітні рослинні відходи. Доступність і дешевизна таких наповнювачів дозволяють значно понизити собівартість синтетичних композитів і розширити масштаби їх застосування для вирішення екологічних завдань. Відомо, що в таких композитах вдається поєднувати значну міру заміщення синтетичного матеріалу (від 25 % і вище) і високі показники нафтової місткості і повернення нафтопродуктів [30].

У стічних водах нафтопродукти можуть знаходитися у вільному, пов'язаному і розчиненому станах. Великодисперсні, вільні нафтопродукти віддаляються в результаті відстоювання. Для видалення дрібно-дисперсних і пов'язаних нафтопродуктів традиційно використовують способи флотацій очищення, методи електрокоагуляції

і електрофлотації. В результаті цих процесів у воді залишаються нафтопродукти до 20 міліграма/л. Глибше очищення від дрібнодисперсних, особливо емульгованих, нафтопродуктів до 10 міліграма/л досягається в процесах фільтрування. Видалення розчинених домішок до 0,5 - 1 міліграма/л відбувається на стадії сорбційної доочистки [27]. Очищення стічних вод до норм промислового водопостачання з утилізацією регенераційних розчинів (наприклад, збут в якості товарної продукції) характеризується високою економічністю і дозволяє не лише запобігти скиданню у водойми стічних вод, але і розв'язати проблему забезпечення народного господарства додатковими водними ресурсами [27].

У зв'язку із складністю процесу для очищення стічних вод застосовуються, як правило, багат шарові комбіновані «фільтри» (матеріали, пристрої, установки, в яких реалізуються різні процеси, починаючи з фільтрації, коалесценції і закінчуючи власне адсорбцією) у поєднанні з багатоступінчастою самих очисних технологій. Проте у багатьох роботах наводяться дані по дослідженню окремих матеріалів для ефективного очищення стічних вод від нафтопродуктів. Зрозуміло, що для комплексного вивчення роботи багатокomпонентних систем потрібне детальне дослідження властивостей усіх складових.

Так для очищення стічних вод різних виробництв запропоновано використати дрібнодисперсні глини. Застосування глин на очисних спорудах деяких нафтопереробних підприємств дозволило досягти зниження змісту нафтопродуктів в 5,4-7,3 разу [28].

Крім того, дослідження по утилізації відпрацьованих глин показали можливість їх введення в суміші для виробництва будівельних матеріалів, що дозволяє вважати описані сорбційні технології екологічними і безвідходними [29].

Часто для очищення стічних вод від нафти і нафтопродуктів на нафтовидобувних підприємствах, нафтобазах, автозаправних станціях,

для тонкого очищення вод пластів і промислових застосовують вуглемісткі сорбенти [29].

Також можливе очищення від нафтопродуктів адсорбцією вуглевмістним сорбентом. Матеріал після використання регенерують промиванням розчинником при температурах від 0 до 49 С.

В якості вуглевмістного адсорбенту використовують інтеркалірований графіт, отриманий з його окислених форм і 0,1-0,5% високодисперсного хімічно модифікованого аморфного діоксиду кремнію, що містить [25].

Після насичення сорбент реагує з промиванням розчинником з подальшою сушкою при 120-140° С. Поріг насичення сорбенту нафтою умовно встановлюють після досягнення співвідношення маси нафти до маси сорбенту рівного 20.

Для очищення нафтовмісних стічних вод часто використовують такі традиційні сорбенти, як вугілля (з попередньою активацією і без неї). Застосовуються гранульовані і порошкоподібні, обеззольне і малозольне мікропористе активоване вугілля, сорбенти термоконтактного коксування вугілля, буровугільні сорбенти [25].

Початковою сировиною для отримання активованого вугілля служать практично будь-які вуглемісткі матеріали: вугілля, торф, деревина, солома [24].

Волокнисті сорбенти. У літературі практично немає даних про застосування для очищення нафтовмісних стічних вод волокнистих матеріалів в чистому вигляді. Зрозуміло, що, незважаючи на дешевизну, доступність і інші переваги подібних сорбентів, останні мають і деякі недоліки, що перешкоджають їх використанню в цій якості. До таких недоліків можна віднести невисокі механічну і термічну стійкість, а також нестійкість до тривалої дії вологи і хімічних реагентів (агресивних середовищ). В той же час штучні і синтетичні волокнисті матеріали для очищення стічних вод використовуються дуже широко і ефективно [25].

Так, наприклад, хорошими адсорбентами є вуглемісткі волокнисті матеріали, отримані з різної сировини в різних умовах. Можливе використання вуглецево-волокнистих сорбентів на основі гідроцелюлозного волокна, модифікованого з'єднаннями перехідних металів, для сорбційного очищення води [26].

3.4 Аналіз технічних рішень для виготовлення сорбційних фільтрів

Збір і аналіз технічних рішень проводиться з метою знаходження найбільш ефективних економічних способів очищення води від нафтових забруднень. Патентний аналіз способів і технологій отримання біосорбційного комплексу показав, що серед способів очищення нафтозабруднюючих вод існують різні способи модифікації синтетичних і рослинних сорбентів.

Існує конструкція бонового обгороджування, що складається з непроникної циліндричної оболонки, навколо якої розташована проникна оболонка. Недоліком відомого пристрою є складність конструкції, необхідність додаткових тимчасових витрат для демонтажу і віджимання зібраної нафти, а також воно не забезпечує достатнього очищення потоків, оскільки виконує тільки бар'єрну і сорбційну функції.

Так само відомий загороджувальний плаваючий бон, вживаний для оконтурювання нафтових плям у відкритих водоймах з подальшим видаленням нафтопродуктів шляхом відкачування і випалювання. Такий бон описаний в патенті США 4923332, МПК Е 02 В 15/04.

Недолік такого бона полягає в тому, що він виконує тільки бар'єрну функцію без сорбування нафтопродуктів.

Особливу увагу ми звернули на роботи, в яких були отримані результати що показують, що при додаванні до синтетичних і природних сорбентів мікроорганізмів - нефтеструкторів підвищується їх здатність до нафтопоглинання [25].

Проведемо аналіз сорбційних властивостей біосорбентів, отриманих з синтетичних і природних матеріалів при нанесенні на них біоактиваторів і активного мулу.

Схема отримання біосорбенту показана на рисунку 3.1

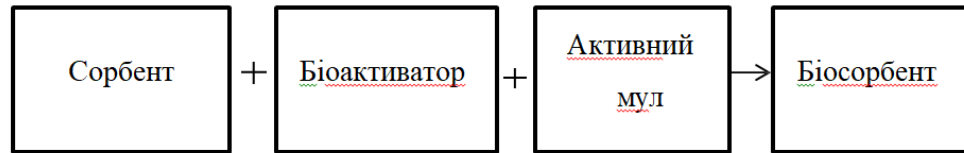


Рисунок 3.1 - Схема отримання біосорбента

Існують результати проведення досліджень по вивченню ефективності біосорбентів в очищенні води від нафтового забруднення, в лабораторних умовах моделювалося забруднення нафтою. Для цього брали воду, яку відстоюють впродовж 3-7 діб (до повного дехлорування) і штучним чином забруднювали її нафтою [32]. На 1 літр води вносили 1 мілілітр нафти. Впродовж години проводили спостереження за роботою сорбентів. Найбільш висока міра нафтопоглинання спостерігалася у біосорбента - щепи вільхи та пінополіуретан (рис. 3.2).

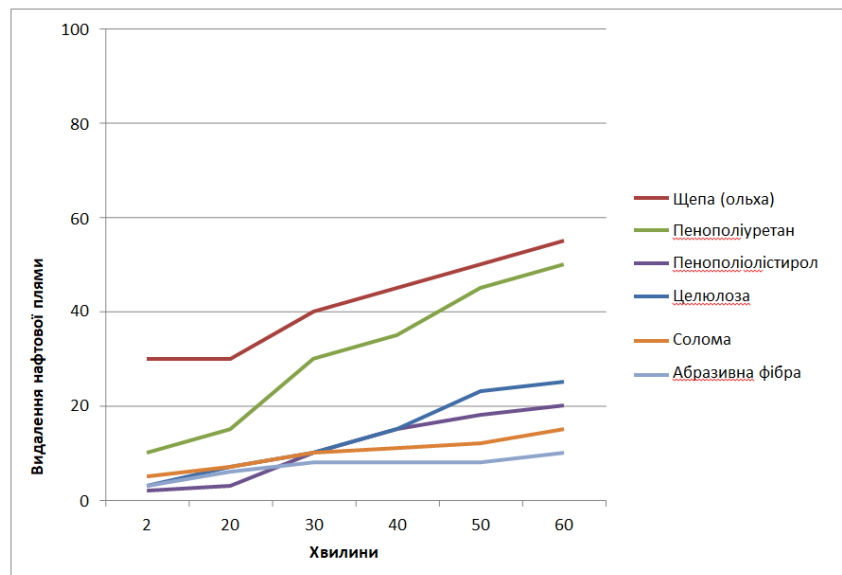


Рисунок 3.2 - Графік нафтопоглинання сорбентів за годину

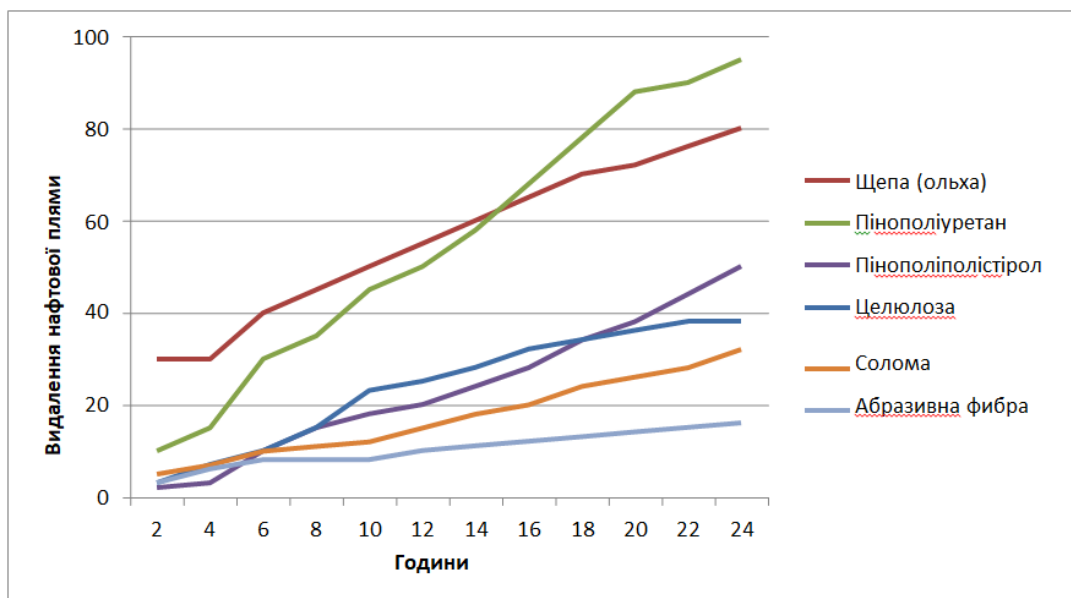


Рисунок 3.3 - Графік нафтопоглинання сорбентів за добу

Дослідження кінетики сорбції-десорбції нафти біосорбентом показує, що найбільша інтенсивність поглинання спостерігається за перші 15-30 хвилин, а максимальна - досягається за 24 години. Здатність до нафтопоглинання у біосорбентів значно вище (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 - Нафтопоглинання сорбентів після іммобілізації активного мулу

Сорбент	Нафтопоглинання, г/г	Нафтопоглинання після модифікації, г/г
Щепа (вільха)	12,0	21,2
Пенополіуретан	35,2	54,3
Целюлоза	10,0	10,0
Пінополістірол	7,0	7,0
Солома	2,3	4,1
Абразивна фібра	4,0	7,2

3.5 Дослідження ефективності біосорбційних матеріалів в очищеній воді від нафтової плями

Ефективність очищення біофільтра проводили на культурі рачків *Daphnia magna* (Straus) згідно з «Методикою визначення токсичності води і водних витягів з ґрунтів, опадів стічних вод, відходів по смертності і зміні плодючості дафній» [35]. Одна з найчастіше використовуваних методик заснована на визначенні смертності дафній в досліджуваному водному середовищі, в порівнянні з контрольною культурою в пробах, що не містять токсичних речовин, - контроль.

Цей тест має переваги перед іншими біотестами завдяки високій чутливості до отрут різної природи, а порівняно коротка тривалість життя рачків сприяє кращому відображенню «моментальних» концентрацій нафтопродуктів у водному довкіллі, що неможливо виявити при використанні вищих водних тварин з великою тривалістю життя [35].

У штучно створену водойму з нафтовим забрудненням і біосорбентом були поміщені по десять особин рачків *Daphnia magna* (Straus). Рачки експонувалися впродовж 48 годин, після чого підраховувалася кількість живих особин (таблиця 3.6), що спливли.

Таблиця 3.6 - Виживаність рачків *Daphnia*

Біосорбент	Виживаність рачків <i>Daphnia</i> , %	Токсичність
Щепа (вільха)	100	Низька
Пінополіуретан	90	Низька
Целюлоза	10	Висока
Полістирол	50	Середня
Солома	20	Висока
Абразивна фібра	0	Висока

Таким чином, визначення токсичності води забрудненою нафтою, до і після біосорбції різними біосорбентами показало, що найефективніше нафтова пляма очищала в біосорбентом на основі тріски (вуглемісткий сорбент), де спостерігалася 100% виживаність тест-об'єктів дафній *Daphnia magna* (Straus), низька токсичність і миттєве зняття нафтової плівки, і з використанням як носій біоплівки пінополіуретана (синтетичний сорбент), де спостерігалася 90% виживаність тест-об'єктів.

Найменшою сорбційною здатністю і найбільшою токсичністю води після очищення біосорбентом характеризували зразки: целюлоза, виживаність тест-об'єктів 10%, солома, виживаність 20%, зразок і - абразивна фібра - 100% загибель тест - об'єктів.

Таким чином методом біотестування з допомогою тест - об'єкту дафній було встановлено, що токсичність води змінювалася залежно від вживаного виду біосорбента, сорбційних властивостей матеріалів - носіїв біоплівки.

В результаті були виявлені сорбенти що мають високу сорбційну здатність (щепа вільхи, пінополіуретан). На поверхні цих сорбентів відбувалася найкраща іммобілізація мікроорганізмів - біодеструкцій нафти.

3.6 Розробка технологічного рішення застосування біосорбційного комплексу

Розробка біосорбційних комплексів застосовна для використання при очищенні природних вод у вигляді бонових загороджень. Бонові загородження є основними засобами локалізації розливів нафти і нафтопродуктів в акваторіях. Головні функції бонових загороджень : запобігання розтіканню нафти на водній поверхні, зменшення концентрації нафти для полегшення циклу прибирання, і відведення (тралення) нафти від найбільш екологічно уразливих районів.

Загороджувальні бони підрозділяються на:

- що відхиляють (бони нафтоограничувальні) - для захисту берега від нафти і нафтопродуктів і обгороджування їх;
- бони сорбуючі - що поглинають нафту і нафтопродукти [32].

Пристрій відноситься до охорони довкілля, зокрема до пристроїв, призначених для збору забруднень з поверхні відкритих водойм, а також очищення товщі і придонних шарів води від аварійних розливів нафти і нафтопродуктів. Пристрій складається з одного і більше розташованих на водній поверхні, пов'язаних між собою нафтосорбуючих бонів, кожен з яких включає сердечника з синтетичного матеріалу, що забезпечує плавучість бона з розташованою навколо сердечника трубчастою оболонкою. Кожен бон забезпечений рослинними матеріалами, що сорбували, і мікроорганізмами для біодеструкції, що підвищує його сорбційні властивості (рис. 3.4).

Відомі розділові бони серії "Troil boom GP" (рекламний проспект фірми "RO CLEAN - DESMI", Англія-Данія, 1998 р.), що містять плавучі елементи, виконані у вигляді прямокутних панелей з пінопласту, зовнішня поверхня яких захищена міцною і стійкою до нафтопродуктів, морської води і сонячного світла поліефірною тканиною, насиченою ПВХ/бутадіон-акріловим каучуком.

Недолік бічних загороджень такого типу полягає в тому, що вони по суті тільки локалізують поширення нафтопродуктів, а їх збір здійснюється за допомогою спеціальних нафтозбиральників, що значно ускладнює і здорожує процес утилізації забруднень.

Відоме бонове загородження, в надводній частині якого встановлений циліндричний поплавець, а в підводній - шторка з кишенями для впускання води і розміщення баласту, що надає бону стійке вертикальне положення ("Oil containment boon", UK Patent Application GB 2117326A, МПК Е 02 В 15/04). Поплавець в таких бонах або наповнюється повітрям, або має секцію, заповнену вспіненим

поліетиленом, що забезпечує загородженню велику міцність[29]. Проте при експлуатації бон такого типу не відбувається повна локалізація нафтових загороджень із-за ефекту підпірнання нафти під бонове загородження.

Відсутність елемента, що сорбував, в конструкції бона не дозволяє робити безпосереднє очищення акваторії водойми від нафти, притягаючи для цих цілей дорогі пристрої.

Для підвищення ефективності локалізації і очищення нафтових забруднень на водній поверхні при багатократному використанні елемента, що сорбує, дослідниками пропонується створювати бони, що загороджують – і сорбують, з носіями мікроорганізмів – нафтодеструкторів, що підвищує сорбційну здатність бону і період його експлуатації.

Нафтосорбуючий бон, виконаний у вигляді трубчастого елемента (1), що має сердечник (3), що забезпечує плавучість бона. Навколо сердечника, розташований сорбент, виготовлений з рослинного матеріалу, що має високу сорбуючу здатність до нафти, і рукавну стійку до стирання сітку з полімерних ниток, що охоплює трубчасту оболонку (4).

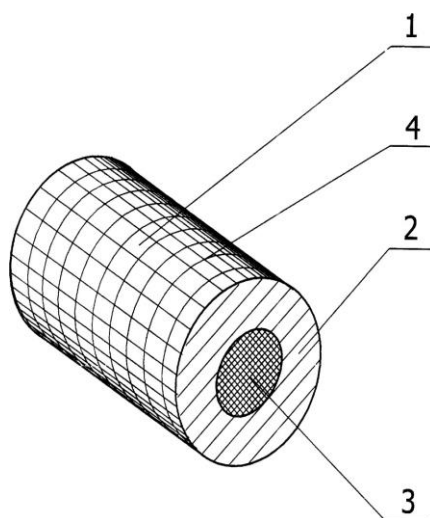


Рисунок 3.4 - Нафтосорбуючий бон

1- Сорбційне бонове загородження; 2 - рослинний біосорбент +

мікроорганізми - біодеструкції; 3 - синтетично матеріал + біодеструкції; 4 - рукавна сітка з полімерних ниток

Нафтосорбуючий бон виконаний з синтетичного матеріалу - пенополиуретана і рослинного - тирси, яка є носіями мікроорганізмів, - біодеструкції. Пропонований пінополіуретановий сорбент має гідрофобну поверхню, завдяки якій він не набрякає у водних середовищах і практично не містить води після насичення вуглеводневими забрудненнями. Кількість витягнутих вуглеводневих забруднень і швидкість їх поглинання визначаються сорбційними характеристиками поліуретанового сорбенту, які перевершують сорбційні характеристики відомих пористих полімерних сорбентів. Зовнішня оболонка є нетканим поліпропіленовим матеріалом.

Секції бона з'єднуються між собою за допомогою швидкознімних металевих замків (не показані) безпосередньо перед постановкою бонових загороджень на воду. Кількість секцій визначається шириною водойми (розмірами нафтової плями).

До місця експлуатації бон доставляються в згорнутому виді. Постановка огорожувально-біосорбуючого бона на воду здійснюється шляхом витягування крайньої секції судном або лебідкою, встановленою на протилежному березі (рис. 3.5).

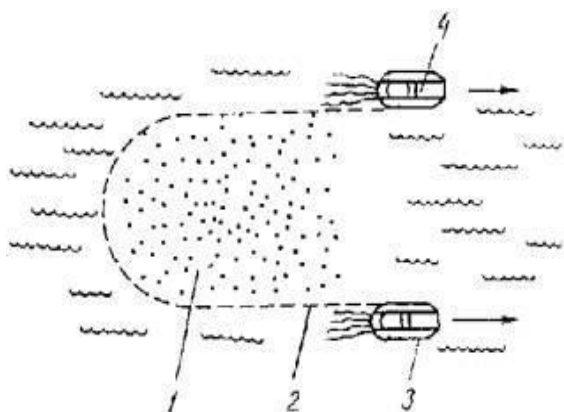


Рисунок 3.5 - Постановка біосорбуючого бона

1 – нафтова пляма; 2 - оперативні бонові загородження;

3 - нафтомусорозбірник; 4 - допоміжний нафтомусорозбірник

Очищення потоку води здійснюється за наступною технологією (рис. 3.6).

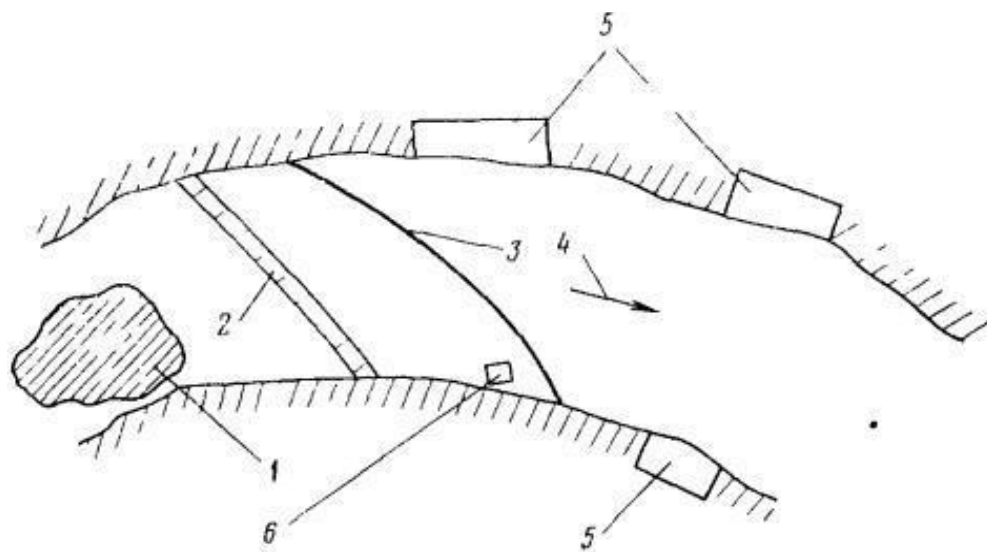


Рисунок 3.6 - Схема очищення потоку води від нафтозабруднення

1 - нафтова пляма; 2 - захист від плаваючих предметів; 3 - бічне загородження; 4 - напрям течії; 5 - об'єкти, що захищаються;
6 - пристрій нафтонакопичувача

Відмітні переваги бона: простота конструкції, експлуатації, можливість тривалого зберігання; простота утилізації в порівнянні з синтетичними сорбентами; можливість повторного використання оболонки після її відмивання від нафтопродуктів водним розчином з диспергентами.

В цілому можна констатувати, що перспективи розвитку нафто сорбентів тісно пов'язані з впровадженням інноваційних технологій та зростаючими вимогами до екологічної безпеки. Уже зараз ведеться розробка матеріалів, які не лише ефективно усувають нафтові забруднення, а й мають мінімальний вплив на навколишнє середовище. Інвестиції в новітні технології нафтосорбентів сприятимуть створенню

більш ефективних, інтелектуальних і стійких рішень, що відіграватимуть важливу роль у промисловій екології майбутнього.

Висновки до розділу 3

Дослідження механізмів видалення нафти за допомогою різних сорбентів показало, що ефективність очищення багато в чому визначається фізико-хімічними властивостями та структурою матеріалів. Сорбенти, для яких домінує фізична поверхнева сорбція, збирають нафтопродукти за рахунок адгезії на поверхні частинок, що залежить від величини питомої поверхні та гідрофобно-олеофільних характеристик. До таких матеріалів відносяться порошкові та гранульовані сорбенти із закритою пористою структурою, які особливо ефективні при видаленні тонких масляних плівок.

Волокнисті та об'ємно-пористі сорбенти забезпечують більш глибоке проникнення та утримання нафти завдяки заповненню пір та специфічній структурі, що утворюється між сорбентом та нафтопродуктом. Вони здатні не лише акумулювати забруднювач, а й частково його віджимати, що полегшує подальшу утилізацію. Однак такі матеріали можуть мати недостатню селективність і поглинати воду, що вимагає застосування добавок гідрофобізуючих.

Особливий інтерес становлять композиційні сорбенти на основі рослинних волокон, які поєднують високу сорбційну здатність з економічністю та екологічною безпекою. Їх використання дозволяє розширити масштаби очищення та знизити собівартість очисних технологій.

Для ефективного очищення стічних вод від нафтопродуктів необхідний комплексний багатоступеневий підхід із застосуванням комбінованих фільтрів та технологій, що включають процеси флотації, електрокоагуляції, фільтрації та сорбції. Такий комплексний метод дозволяє досягти глибокого очищення води, знизити вміст нафтопродуктів до нормативних значень та запобігти екологічним збиткам.

Таким чином, вибір та поєднання сорбентів має враховувати механізми їх взаємодії з нафтою, структуру та хімічну природу матеріалу, а також специфіку забруднень, що є ключовим для розробки ефективних та економічно виправданих технологій очищення водних об'єктів.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз літературних джерел підтверджує, що забруднення Світового океану є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасності, що має глобальний масштаб і багатofакторний характер.
2. Серед основних джерел забруднення найбільш небезпечними є пластикові відходи та нафтопродукти. Пластик накопичується поступово та стійко зберігається в морському середовищі, тоді як нафтозабруднення найчастіше виникає внаслідок аварійних ситуацій, потребуючи швидкого реагування.
3. Процес ефективного видалення нафтопродуктів з поверхні води є складним технічним завданням, яке вимагає використання високоефективних засобів локалізації та очищення.
4. У ході виконання дипломної роботи було досліджено та проаналізовано різні конструкції огорожувальних бонів із використанням біосорбентів. В результаті визначено конструктивні рішення, які забезпечують найвищу ефективність при ліквідації аварійних розливів нафти.
5. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення засобів захисту водного середовища від нафтозабруднення та підвищення екологічної безпеки у прибережних зонах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артюхова А. А., Лиходід Н., Кіріяк Г. В. Проблеми Світового океану. м. Одеса – 2016. – 137с.
2. Ткаченко Н. В. Збереження морських екосистем як важлива складова екологічного виміру сталого розвитку // Основні цілі стратегії сталого розвитку: проблеми та перспективи : матеріали I Міжнародного науково-практичного форуму (м. Полтава, 26 вересня 2024 р.) / За заг. ред. проф. М. В. Гриньової. Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2024. С. 607-609.Шовкова-Альохіна А. О. Запаси водних ресурсів та їх значення.
3. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Словник-довідник. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2011. – 168 с.
4. Соловійова Ж. Ф., Нєпеїна Г. В. Забруднення світового океану нафтопродуктами //Наукові праці. Екологія. – 2011. – Т. 150. – №. 138.
5. Підручник «Екологія» – Васюкова Г.Т. 3.2.5. Забруднення Світового океану.
6. Лекція з соціальної екології «Проблема забруднення вод Світового океану та відродження малих річок.»
7. Звягінцева Д. С. Судноплавство як фактор забруднення морського середовища //Актуальні проблеми політики. – 2011. – №. 41. – С. 110-116. Пластикове сміття перевищить кількість риби в морі вже до 2050 року – вчені.
8. Журнал «Forbes» - «У Тихому океані запустили очисну станцію, що збирає сміття.» - Джефф Карт.
9. Освітній портал Zen.in.ua «Світовий океан як об'єкт міжнародно-правової охорони.»
10. Мазур А.Г., Власенко І.В., В.М. Ціхановська Економіка природокористування : Навч. посібник - Вінниця.: Едельвейс, 2013.-343 Члени ООН вперше схвалили угоду про захист Світового океану.

Олександр Куницький - 2023. <https://p.dw.com/p/4OH1O>

11. Аліна Коломієць «ООН ухвалила історичну угоду про захист Світового океану.» - 2023. <https://p.dw.com/p/4So9I>

12. Андрусишина І. М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення. Науковотехнічні вісті. 2015. 88с.

13. Бойко І. А. Адаптація українського законодавства до європейського в галузі управління кистою підземних вод. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. №3. С. 154.

14. Коваль В. В. Динаміка забруднення вод. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. 146 с.

15. Нитратне забруднення джерел питної води в Україні: дослідження ВЕГО «МАМА-86» за 2021 – 2022 р.

16. Огляд року війни для водних ресурсів України.

17. Головатюк Л. М., Бондар О. Б., Кратко О. В. Небезпека та наслідки забруднення водойм для організму людини //Біологічна безпека: Науково практичний журнал, екологічні науки. – 2023. – №. 5. – С. 50.

18. Тимошенко Я. О. Глобальний моніторинг світового океану //екологічна безпека держави: тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. м. Київ, 27-28 квітня 2010 р., національний авіаційний університет/редкол. оі запорожець та ін.–к.: вид-во нац. авіац. ун-ту «нау-друк», 2010.–296 с. – 2010. – с. 189.

19. Щирська Н. В. Вплив пластикових відходів на екосистеми водойм : дис. – Національний авіаційний університет, 2024.

20. Бабаджанова О. Ф., Пузанов В. В. Забруднення морського середовища нафтою та нафтопродуктами. Матеріали конференції «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. енергоощадність. збалансоване природокористування» Львів. 2022, с. 87.

21. Рудько Г., Адаменко О. Екологічний моніторинг геологічного середовища: Підруч. Л., 2001.
22. Соловійов В. О. Екологічна безпека в нафтогазовій справі: навчальний посібник / В. О. Соловійов, І. М. Фик, Є. П. Варавіна. — Х.: НТУ «ХПІ», 2013. — 96 с.
23. Білецький В., Орловський В., Дмитренко В., Похилко А. Основи нафтогазової справи. П.; К., 2017.
24. Екологічна безпека у нафтогазовій промисловості [Електронний ресурс] : конспект лекцій / В. С. Білецький [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2021. – 175 с. – Представлено: С. 3-64. – URI: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54002>.
25. Колодій В.В. Нафтогазова гідрогеологія: підручник для ВНЗ/ В.В.Колодій, І.В.Колодій, Б.Й.Маєвський.- Івано-Франківськ:Факел, 2009.- 184 с.
26. Рудько Г.І., Григіль В.Г., Сімаченко Г.В. Екологічна безпека родовищ вуглеводнів нетрадиційного типу в Україні / За ред. Г.І. Рудька. – Київ–Чернівці: Букрек, 2017. – 368 с.
27. ГОСТ 17.1.3.10-83. Гідросфери. Загальні вимоги до охорони поверхневих та підземних вод відизабруднення нафтою та нафтопродуктами при транспортуванні по трубопроводу.
28. Суярко В.Г., Сердюкова О.О., Сухов В.В. Загальна та нафтогазова геологія: Навчальний посібник. Х.: ХНУ ім. В.М. Каразіна, 2013. 212 с.
29. Zhuravska N. Economic development and modern management: Concepts of management of modern innovative environmentally friendly production in the direction of sustainable development / N.Zhuravska, P.Stefanovich, I.Stefanovich, I.Pereginets // Monographic series «European Science». Book Part 2. 2021. ScientificWorldNetAkhatAV: Karlsruhe, 2021. 111 p. <https://www.sworld.com.ua/monoge4/mge4-2.pdf>

30. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Львів: «Новий світ2000», 2003.С. 105.

31. План по локалізації та ліквідації розливів нафти (ЛРН) на акваторії Білгород-Дністровської філії ДП «Адміністрація морських портів України»//Міністерство інфраструктури України//Державне підприємство «Науково-дослідницький проектно-конструкторський інститут морського флоту України» // Відділ екологічної безпеки. 2016.

32. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.02.96р. №269 «Про затвердження Правил охорони внутрішніх морських вод та територіального моря від забруднення та засмічення». //База даних «Законодавство України» /ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/269-96-%D0%BF> (дата звернення 2.04.2017)

33. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) : 26 ДСТУ 4173:2003. – [Чинний від 01.07.2004]. – Офіц. вид. – Київ : Держспоживстандарт України, 2004. – 22 с.

34. Спосіб одержання бактеріального препарату для сорбції та деструкції органічних речовин. Кожанова Г.А. Рішення Укрпатента від 15.10.2001 р. по заяві №97094657 від 17.09.1997 р.

35. <https://econadin.com/naftosorbenty-majbutnogo-innovacziyi-ta-perspektyvy/>

36. Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: XIV Міжнародна науковотехнічна конференція: матеріали. – Миколаїв : НУК, 2023. – 756 с.

37. Екологічна безпека в умовах сталого розвитку: кол. монографія / Х. С. Мітюшкіна, О. М. Пастернак, В. В. Іванова, І. В. Петрик та ін.; за заг. ред. Х. С. Мітюшкіної. – Київ : МДУ, 2024. – 206 с.

38. Environmental security in the national security system: Ukraine [3.1] / K. Mitiushkina, O. Pasternak, V. Ivanova, I. Petryk // Transformations, challenges and security: collective monograph / ed. Ž. Simanavičienė ; Mykolas Romeris University. – Vilnius, 2024. – C. 184–210.