

В. О. ЧАБАН

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СУДНОВИХ
СТІЧНИХ ТА ЛЛЯЛЬНИХ ВОД РІЗНОГО
ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

Монографія



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ

В. О. ЧАБАН

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СУДНОВИХ СТІЧНИХ
ТА ЛЛЯЛЬНИХ ВОД РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ
ДЛЯ ЗРОШУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

Монографія

Херсон
ХДМА
2020

Рецензенти:

Новіков Олександр Олександрович – доктор хімічних наук, професор кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського національного технічного університету;

Пічура Віталій Іванович – доктор сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю. В. Пилипенка Херсонського державного аграрного університету;

Базалій Валерій Іванович – професор, завідувач кафедри рослинництва, генетики, селекції та насінництва Херсонського державного аграрного університету

*Монграфія рекомендована до друку вченою радою
Херсонської державної морської академії
(протокол № 4 від 04 грудня 2019 р.)*

Чабан В.О.

Ч-12 Сучасні методи очищення суднових стічних та лляльних вод різного походження для зрошування сільськогосподарських культур: монографія / В. О. Чабан – Херсон : ХДМА, 2020. – 132 с.

ISBN 978-966-2245-64-6

У монографії надані перспективні методи очищення стічних та лляльних вод, які очищаються та знезаражуються на відповідному судні до відповідних контрольних значень та передаються на інші судна для подальшого побутового використання. Водночас на даних судах поліпшуються санітарні норми та знижуються токсичні речовини, що можуть викликати в подальшому екологічні наслідки при забрудненні ними водного середовища. Тому дані судна в подальшому дають змогу брати на борт судна додатковий вантаж для транспортування в порти призначення.

У даній роботі надані результати багаторічних досліджень щодо забруднення водних ресурсів різними токсичними речовинами та різноманітні схеми очищення, зокрема, враховувалась кількість різних видів стічних вод, їхні витрати, можливості в економічній доцільності видалення домішок зі стічних вод, вимог до якості очищеної води.

Також дана монографія буде корисною для науково-педагогічних працівників екологічного спрямування, які будуть надавати знання курсантам та студентам у морських навчальних закладах різного рівня підготовки для попередження забрудненню морського середовища та локалізації наявних забруднень навколишнього середовища.

Дана публікація слугуватиме педагогічним викладачам сільськогосподарського спрямування у вирішенні питань щодо зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище та збереження довкілля для майбутнього покоління людства.

УДК 628.3:656.612:631.587

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	8
1.1 Джерела забруднення океану	8
1.2 Властивості нафти	14
1.3 Щільність або відносна щільність	15
1.4 Дистиляційні характеристики нафти	15
1.5 Тиск пару	16
1.6 В'язкість нафти	16
1.7 Температура застигання	17
1.8 Процеси вивітрювання	18
1.9 Поширення	18
1.10 Випаровування	19
1.11 Дисперсія	20
1.12 Емульгування	21
1.13 Розчинення	23
1.14 Фотоокислення	23
1.15 Седиментація і занурення седиментів	24
1.16 Взаємодія з береговою лінією	25
1.17 Біорозпад	27
1.18 Спільно діючі процеси	29
1.19 Комп'ютерні моделі	31
1.20 Значення для планування операцій очищення і ліквідації аварій	32
1.21 Технічні інформаційні документи	36
РОЗДІЛ 2	39
2.1 Визначення біологічних ресурсів та забруднення океану	39
2.2 Охорона вод від забруднення	52
2.3 Гідробіологічна оцінка якості вод та стан гідробіоценозів	59
2.4 Водні проблеми України	62
2.5 Шляхи вирішення проблем гідросфери	65
2.6 Мікробіологічна оцінка якості вод з огляду на епідемічну ситуацію	73
2.7 Вплив науково-технічного прогресу на океанічну поверхню	76
2.8 Очищення стічних вод	79
2.9 Характеристика стічних вод	82
2.10 Методи очищення стічних вод	84
2.11 Стадії очислення стічних вод промислових підприємств	87
2.12 Вивчення енергозберігальних технологій водної тропічної рослини Ейхорнії товстоножкової	95
2.13 Визначення впливу кількості біомаси Ейхорнії товстоножкової на ефект очищення модельних розчинів	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	126

ВСТУП

Підвищення ефективності очищення стічних вод із суден на основі застосування нових технологій, наразі їх екологічне обґрунтування набуває актуальності. Споруди, через які проходить приблизно половина об'єму відведених стічних та лляльних вод, відрізняються за принципом роботи, пропускною здатністю і ефективністю очищення, однак їх об'єднує недосконалість закладених у них технічних рішень і, як наслідок, – недостатнього за нормативними вимогами ступеня очищення стічних вод від забруднювальних речовин. Побудовані сучасні проєктні рішення в переважній більшості очисних споруд забезпечують вилучення зі стічних та лляльних вод із суден лише окремих сполук та не відповідають завданням забезпечення очищення за такими інгредієнтами, як група азоту, хлориди, сульфати і ряд важких металів тощо.

Багато питань по очищенню стічних та лляльних вод та викидів у повітряний простір шкідливих речовин від судових енергетичних установок приділяє вчений у даній галузі Леонов В.Є., який вивчав та розроблював нові напрями раціонального використання водних ресурсів, методів знешкодження та утилізації цих відходів та використання їх у подальшому для питних і господарських потреб на судні.

Останні публікації цього автора свідчать про те, що виникла нагальна потреба не накопичувати ці відходи на судні та не відправляти їх у портові споруди, а віддавати спеціально обладнаним суднам, які знаходяться в даній океанічній поверхні, та переробляти їх спеціальними установками, роблячи їх очищеними та придатними в подальшому для господарських цілей на інших суднах. Водночас з'являється можливість до довантаження даного судна додатковим вантажем, що призведе до поліпшення енергоємності рейсу судна. За практичними даними маса практичного вантажу змінюється в інтервалі 25–150 м.т.

У світовому масштабі в якості основного забруднювача гідросфери сьогодні виступають нафта і нафтопродукти, що потрапляють у водне середовище в результаті видобутку нафти, її транспортування, перероблення та використання в

якості палива і промислової сировини. Серед інших продуктів промислового виробництва особливе місце за своїм негативним впливом на водне середовище займають детергенти – дуже токсичні синтетичні мийні речовини. Вони погано піддаються очищенню, а тим часом у водойми їх потрапляє не менше половини від початкової кількості. Детергенти часто утворюють у водоймах шари піни, товщина яких на шлюзах і порогах досягає 1 м і більше. «Підступними» промисловими відходами, що забруднюють воду, є важкі метали: ртуть, свинець, цинк, мідь, хром, олово й ін. Особливу небезпеку для водного середовища має ртуть (метилртутні фракції).

При проведенні приймання вантажу вантажні відсіки перед цим промиваються забортною водою і в природне середовище потрапляють рештки попереднього вантажу, що становлять значну загрозу для всього живого [1]. Забруднена від них вода має підвищений вміст нітратів, важких металів, нафтових сполук та інших шкідливих речовин, що поглинаються рослинами та потрапляють у харчовий ланцюг на стіл людини [2]. Законодавчі та нормативні акти, які регулюють водні ресурси здебільшого не працюють, одна з головних причин – це недостатнє фінансування проведення наукових робіт із обґрунтування кордонів господарської діяльності підприємств [3].

Одним із найбільш значних джерел забруднення водних ресурсів стає танкерний флот. Це проявляється насамперед у змиві нафтопродуктів і потраплянні їх у водойми. У науці широко відомий ефект евтрофікації (або доступ до чистої води міського (А) і сільського (Б) населення в окремих регіонах евтрофірування) водойм унаслідок забруднення їх нафтою. В результаті у водоймах знижуються кормові ресурси (фітопланктон, мікроводорості поверхневого шару), потім знижується кількість риби, ракоподібних і інших організмів. Однак з часом величезні товщі фітомаси відмирають, витрачаючи водночас всі запаси кисню. У водоймі інтенсивно накопичується сірководень, а сам він, агонізуючи, поступово «вмирає».

Метою дослідження є з'ясування причин забруднення водного середовища нафтовими вуглеводнями. Згідно з багатьма джерелами, щорічно у Світовий океан надходить близько 25–30 млн т цих речовин. Шляхи їх потрапляння різні:

23% загальних забруднень нафтою і нафтопродуктами припадає на злочинне скидання із суден промивних і баластних вод; 28% – на приплив з річковими водами; 17% – на втрати при переливі нафти з танкерів під час завантаження; 16% – на берегові промислові стічні води; 10% – на атмосферні опади; 5% – на катастрофи танкерів і 1% – на шельфові буріння.

У світовому енергобалансі частка нафти становить 40%, вугілля – 27%, природного газу – 23%, ядерного палива – 7,5% і гідроенергії – 2,5%. Запаси сирової нафти і щорічний видобуток її розподілені по територіях різних країн нерівномірно, що обумовлює необхідність транспортування її з одних країн в інші. Транспортування половини нафти, що добувається на світовому шельфі, забезпечується танкерним флотом. Транспортування на танкерах оцінюється в 1,5 млрд тонн на рік. Неминучим супутником будь-яких танкерних операцій були і продовжують залишатися аварії [3, 6, 11]. Незважаючи на явну тенденцію до зниження аварійності нафтоналивного танкерного флоту, аварії танкерів досі залишаються одним з основних джерел екологічного ризику [1].

За класифікацією Міжнародної федерації власників танкерів, нафтові розливи прийнято ділити на три категорії залежно від об'ємів витоку нафти: малі – менше 7 т, середні – від 7 до 700 т і великі – понад 700 т.

Тільки в Балтійському морі в середньому відбувається 2,9 великих аварій на рік, що супроводжуються розливами нафти і нафтопродуктів. Статистичний аналіз показує, що з 39 аварій, що супроводжувалися розливами нафти в Балтійському морі з 1969 р. по 2018 р. 20 аварій (51,3%) відбулися на акваторії Швеції, 10 аварій (25,6%) – на акваторії Данії, 7 аварій (17,9%) – на акваторії Фінляндії і по одній аварії (2,6%) – на акваторіях Латвії і Литви [4].

Збільшення масштабів видобутку нафти, інтенсифікація перевезень нафти і нафтопродуктів, будівництво та експлуатація нових транспортних коридорів призведуть до підвищення небезпек (ризиків) аварійних ситуацій. Тому гарантування безпеки транспортних коридорів є завданням першорядної важливості. Для успішного вирішення цього завдання необхідно створення активно взаємодіючих систем, що виконують такі функції: * прогноз небезпек і їх проявів; * забезпечення техніки безпеки (систем захисту); * моніторинг

навколишнього середовища і оперативне оповіщення; * у даній функціональній послідовності початковою ланкою, яка визначає функціонування інших систем, є система прогнозування, що здійснює аналіз, оцінку та управління ризиками аварійних ситуацій. Ризик R може бути визначений як прояв імовірності небезпеки аналізованого події або процесу P на магнітуду очікуваних наслідків (збитків) Y:

$$R = P \times Y \quad (1)$$

При аналізі небезпек аварійних ситуацій, що супроводжуються розливами нафти і нафтопродуктів, необхідно враховувати, принаймні, в першому наближенні п'ять основних аспектів (математико-статистичний, фізико-хімічних, токсикологічний, еколого-токсикологічний збитки). Величини небезпек тісно пов'язані також з кількістю розлитих речовин, режимом скидання (одномоментний або тривалий) [12].

РОЗДІЛ 1

1.1 Джерела забруднення океану

Забруднення досить різноманітні: надходження з континентів зі стоками, надходження з атмосфери (приблизно 0,3 млн т на рік), природний витік 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.

Нафта і нафтопродукти є найбільш поширеними забруднювальними речовинами у Світовому океані. До початку 80-х років в океан щорічно надходило близько 16 млн т нафти, що становило 0,23% світового видобутку. Найбільші втрати нафти пов'язані з її транспортуванням з районів видобутку. Аварійні ситуації, скидання за борт танкерами промивних і баластних вод – все це обумовлює наявність постійних полів забруднення на трасах морських шляхів.

Аварії і викиди на підводних нафтопроводах відбуваються регулярно. Здебільшого їх масштаби достатньо обмежені. Однак навіть якщо викид невеликий, він здатний завдати серйозної шкоди, оскільки викид нафти відбувається протягом тривалого періоду часу.

До недавнього часу найбільшою аварією такого роду вважалася аварія в затоці Гуанабара (Бразилія, 2000 р.), у результаті якої вилилося 1,3 тис. т нафти. Слід також згадати вибух нафтової платформи «Deerwater Horizon» («Глибоководний горизонт») 20 квітня 2010 р., який відбувся за 80 км від узбережжя штату Луїзіана в Мексиканській затоці, який переріс у техногенну катастрофу спочатку локального, а потім і регіонального масштабу з негативними наслідками для екосистеми на десятиліття вперед. На сьогодні ця катастрофа визнана найбільшим витоком нафти у відкритий океан в історії США. Всього в момент аварії на буровій платформі зберігалось 2,6 мільйона літрів дизельного палива. Виробнича потужність платформи становила 8 тис. барелів на добу. Платформа затонула 22 квітня після 36-годинної пожежі, якій передувала потужний вибух. Після вибуху і затоплення нафтова свердловина була пошкоджена, і нафта з неї стала потрапляти у води Мексиканської затоки. Нафтова пляма окружністю 965 км наблизилася на відстань приблизно 34 км до узбережжя штату Луїзіана. Аварійні служби США швидко відреагували і почали

процес контрольованого випалювання нафтової плями. За оцінками фахівців, у Мексиканську затоку виливалося близько 700 т нафти на добу. У товщі вод Мексиканської затоки знайдено плями нафти – одна пляма довжиною 16 км і шириною 90 м на глибині 1300 м [2–4].

Міжнародна Федерація власників танкерів (International Tanker Owners Pollution Federation) відзначає, що за останні десятиліття кількість катастроф танкерів, результатом яких став розлив нафти, знижується. Так, у 1970-і роки було відзначено 252 такі аварії (враховувалися тільки ті аварії, в результаті яких в океан потрапило понад 700 т нафти і нафтопродуктів), у 1980-і роки – 93; в 1990-і – 78; з 2000 по 2006 роки таких аварій було всього 17. У результаті пробою корпусів у 70-х роках в океан потрапило 3140000 т нафти; в 1980-і – 1170000 т; в 1990-і – майже 1140000 т, а у 2000-х – близько 170 тис. т. Частково це пов'язано з тим, що танкерний флот був оновлений, нові танкери часто використовують подвійний корпус (у 2005 році 75% кораблів світового танкерного флоту було виготовлено за цією технологією) для попередження розливу нафти [6].

Великі маси нафти надходять у моря через річки з побутовими і зливними стоками. Обсяг забруднень через це джерело становить 2,0 млн т/рік. Зі стоками промисловості щороку потрапляє 500000 т нафти. Потрапляючи в морське середовище, нафта спочатку розтікається у вигляді плівки, утворюючи шари різної потужності.

Нафта утворює на поверхні води плівку товщиною всього в 0,001 см (кожна крапля нафти покриває непроникною плівкою 20 кв. м поверхні). Це різко скорочує газо- і водообмін між океаном і атмосферою, призводить до втрат мікроорганізмів, риб, морських птахів. У плівці накопичуються іони важких металів, пестициди та інші шкідливі речовини.

Аналіз джерел і форм нафтових забруднень дозволив установити, що в загальній кількості надходжень:

- 23% складають скиди із суден у море промивних і баластних вод, тобто забруднення, пов'язані з нормальною експлуатацією суден;
- 17% припадає на скиди нафти і нафтопродуктів у портах або припортових акваторіях, включаючи втрати при завантаженні бункерів наливних суден; через

ці забруднення утворюються плівки на поверхні моря, присутня емульгована форма нафти і розчинена в дуже незначних кількостях;

- 10% потрапляє з берега разом з промисловими відходами та стічними водами, що містять емульговану, розчинену і плівкову нафту;

- 5% приносять стоки у вигляді емульгової, розчиненої і плівкової нафти;

- 6% пов'язано з катастрофами суден, бурових платформ у морі, коли утворюються суцільні поля, плівки з емульгової або розчиненої нафти;

- 1% дає буріння на шельфі, ці забруднення складаються з емульгової, розчиненої і плівкової нафти;

- 10% припадає на нафту, що надходить з атмосфери в розчиненому і газоподібному стані;

- 28% приносять річкові води, що містять нафту в усьому її розмаїтті форм.

Останні два джерела є «транспортерами»: вони сумують нафтові забруднення від різних об'єктів, розташованих далеко від моря (повітряні маси – із забруднених міст по шляху проходження, річки – зі свого басейну), і виносять їх в океан [5].

За останні 50 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 очисні споруди, які працюють неефективно). Великі маси нафти надходять в океан через річки з побутовими та зливними стоками. Обсяг забруднень через це джерело становить 2,0 млн т/рік. Зі стоками промисловості щорічно потрапляє 0,5 млн т нафти.

Як сказав відомий натураліст XIX століття Т. Гекслі: «Мені здається, що всі великі морські промисли невичерпні, і, що б ми не робили, на чисельності живих ресурсів це серйозно не позначиться». Однак сьогодні океан зазнає значного антропогенного впливу, який призводить до серйозних негативних наслідків, зокрема, до зменшення відтворення біологічних ресурсів [7]. У деяких областях Світового океану виникла напружена екологічна ситуація, утворилися поля хронічного забруднення. Розглядаючи екологічний стан Світового океану, слід виокремити дві основні проблеми: виснаження біологічних ресурсів та

забруднення океану. Ще сто років тому, очевидно, неможливо було уявити, що Світовий океан, який займає майже 70% всієї площі планети, можна забруднити, а його біологічні ресурси виснажити [12]. Сьогодні виснаження біологічних ресурсів океану вже є беззаперечним фактом, фактом, який трапився. Він виражається як у зменшенні кількості ресурсів, так й у скороченні їхнього розмаїття.

Під забрудненням океану розуміється пряме або побічне надходження речовин або енергії в морське середовище, що несуть такі шкідливі впливи, як завдання шкоди живим ресурсам, небезпека для здоров'я людей, перешкоди морської діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морської води. Існують різні види забруднень: хімічне, фізичне, механічне, біологічне. Забруднювальні речовини надходять у Світовий океан як природнім шляхом, так і в результаті господарської діяльності людини. Практично ці шляхи не можна розділити.

До джерел забруднення океанів та морів відносяться: безпосередні викиди забруднювальних речовин в океан, наприклад, нафтопродуктів при перевезенні; безпосереднє надходження забруднювальних речовин при підводних розробках та при видобуванні мінеральних ресурсів; річковий стік; прямий стік із суші (теригенний стік); перенесення забруднювальних речовин через атмосферу; підводні викиди нафти та газу; аварійні викиди із суден або підводних трубопроводів; випробовування атомної зброї.

Найбільш поширеними і небезпечними забруднювачами морського середовища є нафтопродукти. Постійний вміст нафтопродуктів у морській воді пов'язаний з діяльністю промислових підприємств, портів, втратами під час бункерувальних операцій, аварійними розливами. Як наслідок, це призводить до того, що нафтова плівка на поверхні моря пригнічує життєдіяльність морського фітопланктону – одного з головних постачальників кисню в атмосферу – порушує тепло- і вологообмін між океаном і атмосферою, губить мальків риб та інші морські організми. Згустки мазуту, осідаючи на дно, вбивають донні мікроорганізми, які беруть участь у процесі самоочищення води [10].

Проблема чужорідних організмів виникла в 20 столітті під час стрімкого зростання морських вантажоперевезень. Чужорідні організми потрапляють у море в процесі скидання баластних вод, що призводить до перенесення цих організмів в інше середовище та знищення аборигенів даного середовища.

Аналіз наявного експериментального матеріалу показує, що основними видами забруднювачів є вуглеводні (сира нафта, нафтопродукти, нафтові вуглеводні), хлоровані вуглеводні (пестициди, поліхлоровані біфеніли), токсичні метали, радіоактивні речовини. Як відомо, забруднення Світового океану нафтою і нафтопродуктами є однією з глобальних екологічних проблем [32].

Найбільші екологічні збитки наносять океану аварії з суднами, оскільки вони супроводжуються концентрованими викидами нафти. Нафта може переноситись у морі на сотні кілометрів. Особливу небезпеку має нафтова плівка, яка вдвічі знижує інтенсивність обміну речовин між атмосферою і гідросферою, і викликає загибель риби, морських птахів та мікроорганізмів. Останні гинуть навіть за наявності у воді всього лише декількох міліграм нафти на літр. Згідно із статистичними даними, за період з 1973 по 2017 роки щорічно в аварію попадало в середньому 31 судно, яке перевозило нафту. З них у 12-и аварій спостерігався значний вилив нафти.

Аварії з танкерами відбуваються через технічні причини, у зв'язку з несприятливими погодними умовами, попаданням у зону, де спостерігаються надзвичайно високі хвилі (до 20 м), пожежами і вибухами, зіткненнями з іншими суднами, а також унаслідок низької кваліфікації і недисциплінованості команди судна. Зокрема, у березні 2017 року у затоці Аляски з провини капітана зазнав аварії танкер «Ексон Валдаз», унаслідок чого в океан витекло 33 тис. т нафти. Це спричинило загибель десятків тисяч морських птахів, тисячі морських тварин, а берегова лінія вкрилась нафтовою плівкою довжиною 1000 миль.

Найбільш значні нафтові забруднення океану відбуваються внаслідок військових дій. У 1980-х роках минулого століття велике забруднення було пов'язано з військовими діями між Великобританією та Аргентиною в районі Фолклендських островів, а також між Іраком і Іраном у Перській затоці. В останньому випадку протягом воєнних дій було серйозно пошкоджено 156 танкерів, унаслідок чого відбувся значний вилив нафти.

Найбільший викид нафти – близько 1,7 млн т – відбувся у 1991 році у Перській затоці під час воєнних дій між Іраком і Кувейтом. Площа океану, вкрита нафтою, склала 2500 кв. км, унаслідок чого різко скоротився вилов риби і погіршилось водопостачання країн Перської затоки.

Головні місця нафтового забруднення Світового океану знаходяться на шляхах руху танкерів між Близьким Сходом та Європою, Америкою і Японією. Значні забруднення також є у Середземному, Карибському, Південно-Китайському та Японському морях. В цілому концентрація забруднень у Світовому океані сягає від 0,09 мг/л у центральних частинах Тихого океану до 50 мг/л у східній частині Середземного моря і 300 мг/л у окремих районах Індійського океану. При концентрації нафти понад 10 мг/л гине більшість морських риб, молюсків і ракоподібних, а ікра й личинки молюсків і ракоподібних гинуть вже при концентрації 0,01–0,1 мг/л.

Крім нафти, значного забруднення водним екосистемам завдають синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), важкі метали та радіонукліди. Концентрація синтетичних поверхнево-активних речовин в середньому в океані складає 27–30 мкг/л у поверхневому шарі та 8–9 мкг/л на глибині 500 м. Просторовий розподіл СПАР характеризується локалізацією полів забруднення (більше 100 мкг/л) у шельфових зонах Північної Америки, Західної Європи та Африки. У відкритому океані їх вміст знижується до 20–30 мкг/л і характеризується нерівномірністю розподілу в акваторії. З глибиною чітко простежується зменшення вмісту СПАР. Важкі метали належать до найбільш розповсюджених та дуже токсичних забруднювальних речовин. Для морських екосистем найбільш небезпечними є ртуть, свинець, кадмій. Надходячи до морського та океанічного середовища, ртуть з'єднується зі зваженими речовинами, органічними агрегатами та осідає на дно. Для ртуті характерна глибинно-поверхнева міграція. Забруднення морської води цією речовиною обмежується прибережними зонами та шельфами. Міграційний потік свинцю з континентів в океан проходить із річковим стоком та через атмосферу. У морських прибережних водах північної півкулі середня концентрація свинцю складає 0,07 мкг/л. Переважно свинець знаходиться в шарі 0–500 м. Концентрація

кадмію у водах океану коливається від 0,03 до 0,3 мкг/л при середньому значенні 0,15 мкг/л [15].

Після потрапляння нафти в морську акваторію вона зазнає ряд фізичних і хімічних змін, деякі з яких призводять до її усунення з морської поверхні, тоді як інші сприяють її збереженню. Поведінка розливої нафти в морському середовищі залежить від таких факторів, як розмір розливу, початкові фізичні та хімічні характеристики нафти, що переважають, кліматичні і морські умови, і той факт, залишається нафта в морі чи виноситься на берег.

Розуміння процесів, що відбуваються і того, яким чином сукупність даних процесів змінює характер, хімічний склад і поведінку нафти з плином часу, є істотно важливим для всіх аспектів ліквідації розливів нафти. Наприклад, можна з упевненістю передбачити, що нафта не досягне вразливих природних ресурсів унаслідок природного розсіювання, так що операції з очищення не будуть потрібні. За необхідності активного реагування на розлив вибір найбільш ефективних заходів для ліквідації розливу буде залежати від виду нафти та її ймовірної поведінки.

У монографії описано спільний вплив різних природних процесів на нафтові розливи, відоме під збірним терміном «вивітрювання». Розглядаються чинники, які визначають імовірність збереження нафти в морському середовищі, а також їх значимість для операцій з ліквідації розливів. Поведінка розливої нафти в морському середовищі має важливе значення для всіх аспектів ліквідації розливів, і тому цей документ повинен вивчатися разом з іншими документами у цій серії Технічних Інформаційних Документів.

1.2 Властивості нафти

Види сирової нафти різного походження широко відрізняються за своїми фізичними і хімічними властивостями, саме тоді як багато продуктів нафтопереробки мають чітко визначені характеристики не залежно від того, із якого виду сирової нафти вони були отримані. Нафта середніх і важких фракцій, яка у своєму складі містить різну кількість залишкових продуктів нафтопереробки, змішана з нафтопродуктами легких фракцій, також дуже відрізняється за своїми властивостями.

Основними фізичними властивостями, які впливають на поведінку і стійкість нафтової плями в морі, є щільність, дистиляційні характеристики, тиск насичених парів, в'язкість і температура застигання. Всі ці властивості залежать від хімічного складу, а саме, від вмісту летких компонентів, асфальтенів, смол і парафінів.

1.3 Щільність або відносна щільність нафти

Це її щільність щодо щільності чистої води, що дорівнює 1. Більшість видів нафти має більш низьку щільність і вагу порівняно з морською водою, щільність якої, зазвичай, становить 1,025. Для опису щільності сирої нафти і нафтопродуктів зазвичай використовують шкалу щільності Американського нафтового інституту (АНІ), як описано нижче

$$\text{АНІ} = \frac{141.5}{\text{щільність}} = 131.5.$$

Додатково до визначення того, чи залишиться нафта на плаву, величина щільності може також дати загальне уявлення про інші властивості нафти. Наприклад, нафта з низькою щільністю (високе значення АНІ) зазвичай має у своєму складі велику частку летких компонентів і характеризується низькою в'язкістю [15].

1.4 Дистиляційні характеристики нафти

У процесі дистиляції у міру підвищення температури нафти різні компоненти один за одним досягають точки кипіння, випаровуються, а потім охолоджуються і конденсуються. Дистиляційні характеристики визначають, яка частина вихідної нафти дистилюється в заданих температурних межах (рисунок 1). Деякі види нафти містять бітумні, парафінові і асфальтенові залишки, які важко піддаються дистиляції навіть за високих температур, і, ймовірно, зберігаються в морському середовищі протягом тривалого періоду часу.

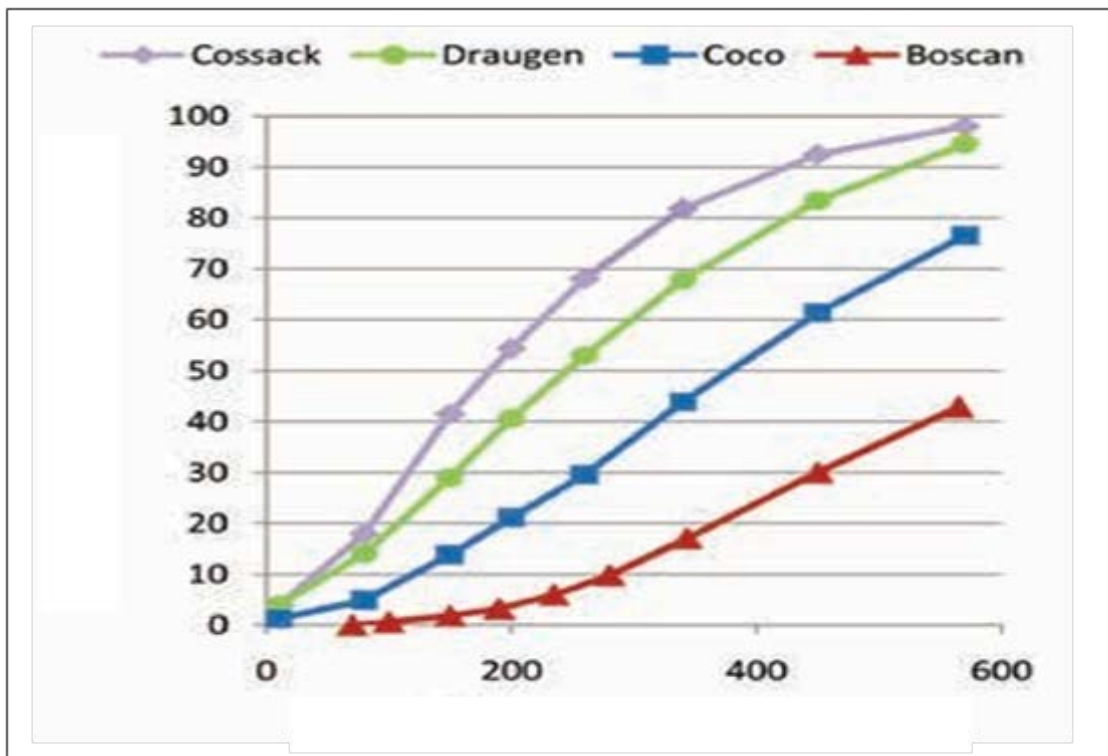


Рис. 1 Криві дистиляції для чотирьох видів нафти. Відображені рівні недистильованого нафтового залишку при досягненні максимальної температури дистиляції

1.5 Тиск пару

Зазвичай позначається як тиск парів за Рейдом і вимірюється при 100°F (37,8°C), також визначає летючість нафти. Тиск парів понад 3 кПа (23 мм рт.ст.) є граничним значенням випаровування, яке відбувається за більшості умов. При тиску понад 100 кПа (760 мм рт.ст.) речовина поводить себе як газ. Наприклад, тиск парів газоліну знаходиться в межах 40–80 кПа (300–600 мм рт.ст.). Показник тиску парів за Рейдом нафти Cossack – 44 кПа, тобто це дуже летюча нафта з високим вмістом компонентів з низькими температурами кипіння, в той час як нафта Boscan набагато менше летюча, її показник тиску парів за Рейдом дорівнює всього 1,7 кПа.

1.6 В'язкість нафти

Високов'язкі види нафти течуть не настільки легко, як нафти з більш низькою в'язкістю. При зниженні температури в'язкість всіх видів нафти падає, проте, залежно від складу нафти, зміна в'язкості відбувається по-різному, представлено співвідношення температури і в'язкості для чотирьох видів нафти.

У цьому документі використовуються одиниці кінематичної в'язкості, висловлені сантістокс ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

1.7 Температура застигання

Це температура, нижче якої нафта не тече, вона залежить від вмісту в нафті парафіну та асфальтенів. При охолодженні нафта досягає температури, яка визначається терміном температури помутніння, коли компоненти парафіну починають формувати кристалічні структури. Процес утворення кристалів перешкоджає протіканню нафти, і при подальшому охолодженні вона досягає температури застигання.



Рис. 2 Нафта, розлита в морі при температурі нижче температури застигання, утворює напівтверді фрагменти

На даному зображенні показана нафта Nile Blend, температура застигання $+33^{\circ}\text{C}$, у морській воді з температурою 28°C . Така нафта має високу стійкість, може переміщатися на великі відстані й переходити з рідкого стану в напівтвердий. На рисунку 2 представлений приклад такого процесу для нафти Sabinda. При зниженні температури з 30°C відбувається повільне підвищення в'язкості, але після досягнення температури помутніння в 20°C швидкість

згущення підвищується в геометричній прогресії. Після досягнення температури застигання в 12°C в'язкість досягає рівня, що повністю перешкоджає протіканню.

1.8 Процеси вивітрювання

Окремі процеси, що розглядаються в наступному розділі, діють одночасно, приводячи до вивітрювання розливої нафти. Відносна важливість кожного процесу з часом змінюється на прикладі розливу типової нафти середньої щільності при впливі помірних морських умов. На додаток до цих процесів нафтова пляма може дрейфувати під впливом вітру і течій, як описано в окремому документі «Повітряне спостереження морських розливів нафти».

1.9 Поширення

Відразу ж після розливу нафта починає поширюватися по морській поверхні. Швидкість цього процесу значною мірою залежить від в'язкості і кількості розливої нафти. Текучі види нафти з низькою в'язкістю поширюються набагато швидше, ніж високов'язка нафта. Рідкі нафтопродукти спочатку поширюються як зчеплена пляма, яка швидко фрагментується. У міру поширення нафти і зменшення товщини її шару колір плями змінюється від чорного або темно-коричневого, характерного для плям значної товщини, до райдужного і сріблястого, властивого тонкій плівці по краях плями. Напівтверді або високов'язкі нафти, замість того щоб поширюватися у вигляді тонких шарів, розпадаються на фрагменти («бляшки»), які віддаляються один від одного й іноді можуть досягати в товщину декількох сантиметрів. У відкритому морі під впливом циркуляції вітру нафта приймає вид паралельних напрямків вітру вузьких стрічок або смуг, і з плином часу властивості нафти втрачають важливість для визначення характеру переміщення плями.

* Кінематична в'язкість = динамічна в'язкість ÷ щільність. Динамічна одиниця СІ, в міліпаскалях на секунду (мПа/с).

На швидкість поширення нафтової плями також впливають морські хвилі, турбулентність, припливно-відпливні і морські течії – чим інтенсивніше сукупність сил, тим швидше відбувається цей процес. Є багато прикладів поширення нафти на кілька квадратних кілометрів всього за кілька годин і на

кілька сотень квадратних кілометрів за кілька днів [17]. За винятком невеликих розливів малов'язких видів нафти, поширення не буває однорідним, і в товщині нафтової плями можуть спостерігатися значні відмінності – від менш одного мікрона до декількох міліметрів і більше.

1.10 Випаровування

Найбільш летючі компоненти нафти випаровуються в атмосферу; швидкість випаровування залежить від температури повітря і швидкості вітру. Зазвичай, компоненти нафти з температурою кипіння нижче 200°C за помірних умов випаровуються за 24 години. Чим вищий вміст компонентів з низькими температурами кипіння, тим вище ступінь випаровування відповідно до дистиляційних характеристик нафти. Наприклад, для нафти Cossack показано, що 55% нафти складається з компонентів з температурою кипіння нижче 200°C, тоді як для нафти Boscan цей вміст становить усього 4%.

Розливи таких нафтопродуктів, як гас і газолін, можуть повністю випаровуватися за кілька годин; легка нафта типу Cossack може втратити більше 50% свого об'єму протягом першого дня. Під час розливу таких надзвичайно легких нафт на обмеженій площі може виникати ризик загоряння та вибуху або нанесення шкоди для здоров'я людини. Види важкої паливної нафти, навпаки, зазнають незначного випаровування або воно взагалі не відбувається, і тому має мінімальний ризик вибуху.



Рис. 3 Процеси вивітрювання, що діють на нафту в морі

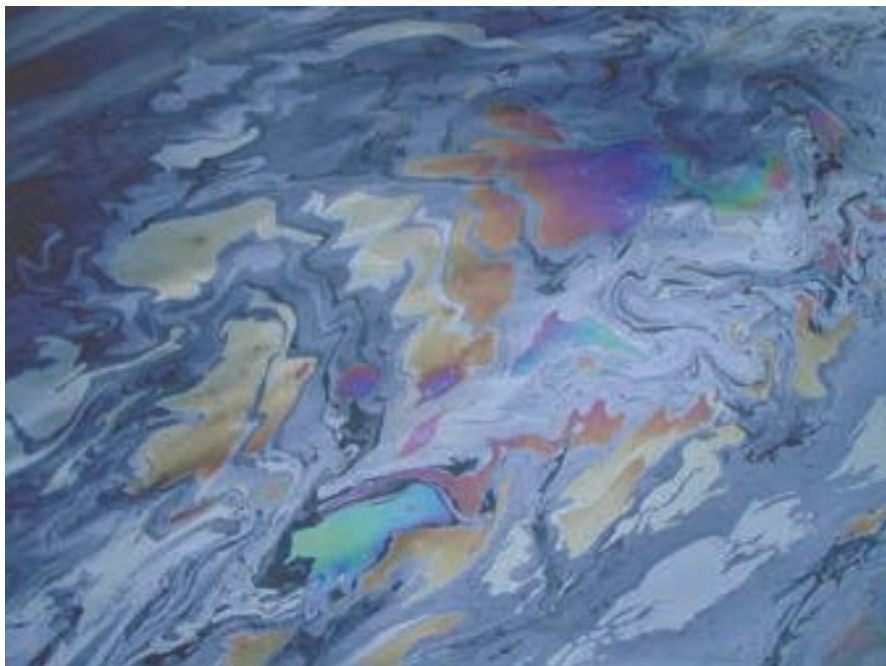


Рис. 4 При безперешкодному поширенні нафти середніх і легких фракцій утворюється дуже тонка плівка

Для неї характерний переливчастий (райдужний) та сріблястий блиск, швидке розсіювання. Первинна швидкість поширення нафти також впливає на швидкість випаровування, оскільки, чим більше площа поверхні плями, тим швидше випаровуються легкі компоненти. Сильне морське хвилювання, висока швидкість вітру і висока температура також прискорюють випаровування.

Частина нафти, що залишилася після випаровування, має підвищену щільність і в'язкість, які впливають на подальші процеси вивітрювання, а також на застосовувані методи очищення. Після прибивання нафти до берегової лінії деякі з цих процесів перестають діяти.

Проте важкі паливні нафти можуть становити ризик пожежі. Загоряння сміття в скупченні нафти в спокійних умовах може створити ефект гніту, достатнього для інтенсивної нафтової пожежі.

1.11 Дисперсія

Дисперсія значною мірою залежить від складу нафти і умов на морі, і насамперед, прогресує при низькій в'язкості нафти в присутності прибійних хвиль. Хвилі і турбулентність на поверхні моря можуть призводити до роздроблення всього або частини плями на крапельки різного розміру, які

перемішуються з верхніми шарами водної товщі. Більш дрібні крапельки залишаються зваженими, а більші знову піднімаються на поверхню, де вони або зростаються з іншими крапельками й повторно утворюють пляму, або розтікаються у вигляді дуже тонкої плівки. Для крапельок діаметром менше 70 мк швидкість підйому до поверхні компенсується турбулентністю моря, так що вони утримуються в підвішеному стані. Нафта в підвішеному стані перемішується з усе більш значними об'ємами морської води, що призводить до швидкого й істотного зниження концентрації нафти. Зростаюча площа поверхні зі зваженою нафтою сприяє розвитку таких процесів, як біорозпад, розчинення і седиментація.

Види нафти, що зберігають плинність, і поширювані без впливу інших процесів вивітрювання, за помірних морських умов можуть повністю розсіятися за кілька днів. Застосування диспергенту може прискорити цей природний процес. Види в'язкої нафти, навпаки, схильні до утворення товстих фрагментів на водній поверхні, що мають малу тенденцію до дисперсії навіть при додаванні диспергентів.

1.12 Емульгування

Багато видів нафти поглинають воду з утворенням водонафтових емульсій, що може викликати збільшення об'єму забруднювача аж до п'ятикратного. Емульсії найлегше утворюють ті види нафти, які в розлитому стані мають спільну концентрацію нікелю і ванадію понад 15 частин на мільйон або вміст асфальтенів понад 0,5%. Присутність даних речовин і хвилювання моря, що перевищує силу вітру за шкалою Бофорта (швидкість вітру 3–5 м/с або 7–10 вузлів), визначає швидкість утворення емульсії. В'язкі види нафти, наприклад, важке дизельне паливо, поглинають воду повільніше, ніж більш текуча нафта.

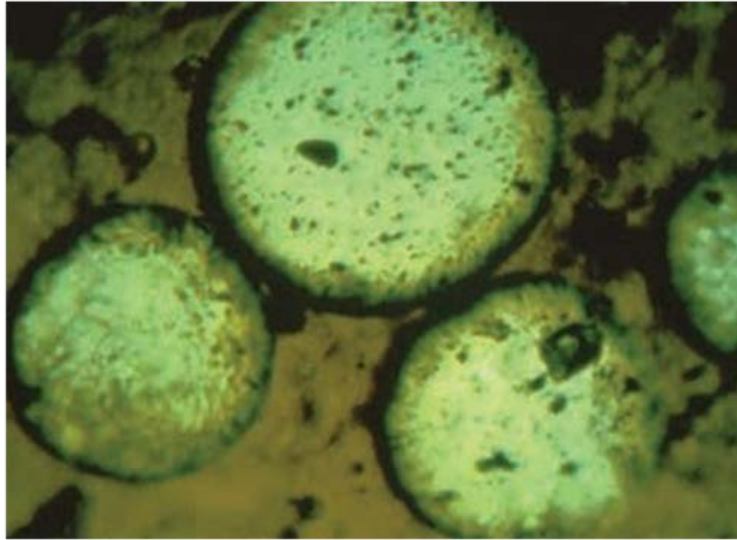


Рис. 5 Дуже збільшений вигляд (x1000) водонафтової емульсії показує окремі крапельки води, оточені нафтою

У ході емульгування переміщення нафти у хвилях призводить до зменшення розміру крапельок води, які були поглинені нафтою (рисунок 5), у результаті чого емульсія стає все більш в'язкою. Асфальтенові з'єднання можуть одночасно випадати в осад з нафти, покриваючи крапельки води і таким чином підвищуючи стійкість емульсії. У міру збільшення кількості поглинутої води щільність емульсії наближається до щільності морської води, але перевищить її тільки в разі змішування з твердими частинками. Стійкі емульсії можуть містити аж до 70%–80% води, часто бувають напівтвердими і мають різкий червоно-коричневий, помаранчевий або жовтий відтінок (рисунок 6).



Рис. 6 Видалення емульгованої важкої паливної нафти типового червоно-коричневого кольору

За результатами аналізу вміст води в емульсіях склав 50%. Вони надзвичайно стійкі і можуть залишатися в емульгованому стані невизначено довгий час. При нагріванні сонячним світлом за спокійних умов або будучи прибитими до берега менш стійкі емульсії можуть розділитись на нафту і воду.

Формування водонафтових емульсій призводить до зменшення швидкості інших процесів вивітрювання і становить головну причину стійкості нафти легких і середніх фракцій на морській поверхні і біля берегової лінії. Хоча стійкі водонафтові емульсії поведуться подібно до в'язкої нафти, відмінності в їх складі мають значення при виборі ефективних методів очищення.

1.13 Розчинення

Швидкість і ступінь розчинення нафти залежать від її складу, поширення, температури води, турбулентності і ступеня дисперсії. Важкі компоненти нафти практично нерозчинні в морській воді, тоді як більш легкі речовини, зокрема ароматичні вуглеводні типу бензолу і толуолу, є слабозрозчинні. Дані речовини є і надійно летючими і дуже швидко зникають у результаті випаровування – цей процес, зазвичай, у 10–1000 разів швидше, ніж розчинення. В результаті цього концентрація розчинених вуглеводнів у морській воді рідко перевищує співвідношення 1 до мільйона, і розчинення не вносить значної лепти у видалення нафти з морського середовища.

1.14 Фотоокислення

При вступі вуглеводнів у реакцію з киснем утворюються розчинні стійкі смоли. Окисленню сприяє сонячне світло, і хоча воно відбувається протягом усього часу існування розливу, його загальний ефект для розсіювання невеликий порівняно з ефектами від впливу інших процесів вивітрювання. Навіть при інтенсивному сонячному світлі тонкі нафтові плівки поділяються дуже повільно, зазвичай зі швидкістю менше 0,1% в день. Товсті шари дуже вузьких видів нафти і водонафтових емульсій схильні швидше до окислення з утворенням стійких залишків, ніж до розпаду, що пов'язано з утворенням сполук з більш високою молекулярною вагою, які створюють захисний поверхневий шар. Це явище можна спостерігати на прикладі прибитих до берега смолистих кульок, які, зазвичай,

складаються із суцільної зовнішньої кірки з нафти, що окислюється, і седиментних частинок, які оточують більш м'яку, менш вивірену внутрішню частину [5].

1.15 Седиментація і занурення седиментів

Дисперговані крапельки нафти можуть взаємодіяти з седиментними частинками і органічними речовинами, зваженими в товщі води, так що крапельки загущуються і повільно опускаються на морське дно. Мілководні прибережні зони, а також гирла і дельти річок часто містять велику кількість зважених твердих частинок, які можуть зчіплюватися з диспергованими крапельками нафти, таким чином створюючи сприятливі умови для седиментації маслянистих частинок. У солонуватих водах, де прісна вода річок знижує солоність і, отже, питому вагу морської води, крапельки нафти, що мають нейтральну плавучість, можуть осідати на дно. Нафта також може поглинатися планктонними організмами і включатися в фекальні згустки, які потім осідають на морське дно. Зрідка за штормових умов нафта може бути захоплена великою кількістю зважених твердих частинок і потім виявлятися на дні. Аналогічним чином пісок, що наноситься вітром, може осідати поверх плаваючої нафти і викликати її занурення.

Більшість видів нафти мають досить низьку щільність і залишаються на плаву, за винятком випадків взаємодії і з'єднання з більш щільними речовинами. З іншого боку, деякі види важкої нафти, більшість видів дизельного палива і водонафтових емульсій мають щільність, близьку до щільності морської води, і навіть мінімальна взаємодія зі зваженими частками може бути достатньою для занурення. Тільки дуже мале число залишкових видів нафти має густину вище, ніж морська вода ($> 1,025$), і занурюється на дно відразу після розливу.

Деякі види нафти занурюються на дно після пожежі, яка не тільки спалює легші компоненти, але також призводить до утворення більш важких пірогенних продуктів у результаті дії високих температур. Це повинно бути взято до уваги у разі, коли навмисне спалювання розглядається в якості методу ліквідації розливу.

У бурхливому морі щільна нафта може заливатися хвилями і проводити чимало часу безпосередньо під поверхнею, що сильно ускладнює спостереження

розливу з повітря. Це явище іноді плутають із зануренням нафти на дно, однак при встановленні штилю нафта знову спливає на поверхню.

Седиментація є однією з ключових довгострокових процесів, що призводять до накопичення розливої нафти в морському середовищі. Осадження великої кількості нафти спостерігається надзвичайно рідко, за винятком випадків на мілководді поблизу берега, переважно в результаті викиду нафти на побережжя (рисунок 7).



Рис. 7 Усунення важкої паливної нафти вручну, яка опустилась на дно

1.16 Взаємодія з береговою лінією

Взаємодія «сіла на мілину» нафти з береговою лінією залежить головним чином від рівня енергії, що надходить на берегову лінію, а також від характеру і зернистості субстрату.

Взаємодія седиментів, що призводить до занурення, найчастіше відбувається, коли нафта прибивається до берега. На відкритих піщаних пляжах сезонні цикли накопичення (приросту) седиментів і ерозії можуть призводити до наступних заглиблень і оголень нафтових шарів. Осіла на мілину нафта може виявитися прихованою піском, нанесеним вітром, навіть на менш відкритих піщаних пляжах. При змішуванні з піском нафта потоне при викиді назад у прибережні води під дією припливів-змін рівня води або штормів. Часто має місце повторюваний цикл, при якому суміш нафти і піску викидається з пляжу в прибережні води з вивільненням більших піщинок, що дозволяє нафті знову

спливати на поверхню. Після цього нафта знову виявляється на міліні, змішується з піском, і цикл повторюється. Вихідний від піщаного пляжу блиск може свідчити про те, що такий процес має місце.

Взаємодія нафти з дуже дрібними (<4 мікронів) мінеральними частинками (мінеральне борошно) в зоні берегової лінії призводить до утворення мінерально-нафтових або глинисто-нафтових пластівців. Залежно від в'язкості нафти рух води може бути достатнім, щоб призвести до утворення крапельок нафти, які електростатично притягують мінеральні частки. Мінеральні частки обліплюють крапельки, перешкоджаючи їх зрощенню в більш великі краплі, а також прилипанню до більших осідлих субстратів, наприклад, до піску або гальки. Результат – стійкі пластівці мають майже нейтральну плавучість і досить малі, щоб утримуватися в підвішеному стані під дією турбулентності при викиді води на пляж при припливах або штормах. Згодом ці пластівці піддаються великому розсіюванню в прибережних течіях і через якийсь період можуть сприяти усуненню значної частини нафти із закритих (з низьким надходженням енергії) берегових ліній, де вплив хвиль і течій занадто слабкий для протікання інших процесів, наприклад, абразивного змивання седиментів.

Грязьові седименти і болота є звичайним явищем на закритих берегових лініях. Здебільшого нафта проникає в ці дрібнозернисті седименти і залишається на їх поверхні. Однак «біотурбація» (перемішування осадів живими організмами) іноді дозволяє менш в'язким видам нафти незначно проникати в седимент за допомогою міграції нафти ходами черв'яків, стеблами рослин і т.п. Нафта може також опинитися в упійманих у цих дрібнозернистих седиментах при сильних штормах, коли дрібні грязьові частки зважуються у водній товщі і змішуються з нафтою. Після затухання шторму бруд осідає, і нафта виявляється захопленою в седименті. У захищених місцях седимент може залишатися непошкодженим протягом тривалих періодів часу, зважаючи на низькі рівні кисню в седименті і невеликий ступінь їх розкладання [12].

Не будучи усуненими під час операцій очищення, високов'язкі види нафти можуть формувати «асфальтові мостові» на закритих галькових або гравійних берегових лініях, переважно в результаті окислення поверхневого нафтового шару (рисунок 8).



Рис. 8 У рамках експерименту після забруднення нафтою ділянку затронутою береговою лінією був навмисно залишеною недоторканою

Ця нафтова пляма розміром приблизно 1 м^2 зберігається через 15 років у вигляді «асфальтової бруківки».

Плаваюча нафта швидше проникає через відкриту поверхню субстрату і потім виявляється захищеною самим субстратом від вимивання під дією морських та інших процесів вивітрювання. «Асфальтові мостові», якщо вони не будуть потривожені, можуть зберігатися протягом декількох десятиліть.

1.17 Біорозпад

У морській воді міститься ряд морських мікроорганізмів, здатних метаболізувати нафтомісткі з'єднання. Це бактерії, різні види цвілі, дріжджові речовини, грибки, одноклітинні водорості і найпростіші організми, які можуть використовувати нафту як джерело вуглецю та енергії. Ці організми широко поширені у всіх світових океанах, але переважно рясніють у місцях з нафтопроявами або в хронічно забруднених прибережних водах, зазвичай, розташованих поблизу міських центрів, які приймають промислові скиди і неочищені стічні води.

Основними факторами, що впливають на швидкість і ступінь біорозпаду, є характеристика нафти, наявність кисню, абіогенних речовин (головним утворювачем мазуто-вмісних і фосфоровмісних сполук) і рівень температури. При

розкладанні вуглеводнів утворюється ряд проміжних сполук, кінцевими продуктами біорозпаду є вуглекислий газ і вода.

Кожен із залучених у даний процес видів мікроорганізмів викликає розкладання певної групи вуглеводнів і, таким чином, для продовження процесу розкладання необхідний одночасний або послідовний вплив широкого комплексу мікроорганізмів. У процесі розкладання розвивається складне співтовариство мікроорганізмів. На віддаленні від берега у відкритому морі мікроорганізми, які необхідні для процесу біорозпаду, присутні у відносно малих кількостях, але швидко розмножуються за наявності нафти доти, поки процес не буде обмежений нестачею поживних речовин або кисню. Крім того, хоча мікроорганізми здатні викликати біорозпад багатьох з'єднань нафти, деякі великі і складні молекули чинять опір – такі залишки, зазвичай, включають сполуки, які надають нафті її чорний колір.

Пропонуються засоби, призначені для підвищення швидкості біорозпаду, проте їх ефективність викликає сумніви з огляду на малу ймовірність нестачі поживних речовин, особливо в прибережних водах, і малої можливості підвищення рівня кисню або температури води.

Мікроорганізми живуть у воді, з якої вони отримують кисень і необхідні поживні речовини, і, отже, біорозпад може мати місце тільки при знаходженні нафти в товщі води. Формування крапельок нафти в морі, будь то шляхом природної або хімічної дисперсії, збільшує площу поверхні, де можлива біологічна активність, таким чином, біорозпад посилюється [10]. Нафта, що утримується в товстих шарах на берегових лініях або вище позначки рівня повної води, навпаки, буде мати обмежену площу поверхні і дуже обмежений контакт з водою. У цих умовах біорозпад відбувається надзвичайно повільно, в результаті чого нафта, якщо не усувається, зберігається протягом багатьох років.

Розмаїття чинників, що впливають на біорозпад, ускладнює передбачення швидкості, з якою нафта може бути усунена. Біорозпад, з усією очевидністю, не здатен видалити масові скупчення нафти, проте, воно є одним з головних довгострокових механізмів для природного усунення з берегової лінії залишків нафти, часто вихлюпується припливними і вітровими переміщеннями морської води.

1.18 Спільно діючі процеси

Комбінований ефект описаних вище процесів: вони починають діяти зразу після розливу нафти, хоча їх відносна важливість змінюється з плином часу. Поширення, випаровування, дисперсія, емульгування і розчинення – найважливіші процеси на ранніх стадіях розливу, тоді як фотоокислення, седиментація і біорозпад являють собою більш довгострокові процеси, які визначають залишковий результат нафтового розливу. Дисперсія і емульгування є змагаючими процесами: дисперсія усуває нафту з морської поверхні, а емульгування призводить до збільшення обсягу і збереженню забруднювача. Фактори, які визначають, чи буде нафта розсіюватися або емульгувати, такі: умови випуску нафти (швидкість розливу і розлита кількість; поверхневий або підводний випуск нафти і т.п.); умови навколишнього середовища (температура, хвилювання моря, перебігу і т.п.); а також фізичні та хімічні властивості нафти [8].

Сьогодні океан зазнає значного антропогенного впливу, який призводить до серйозних негативних наслідків, зокрема, до зменшення відтворення біологічних ресурсів. У деяких областях Світового океану виникла напружена екологічна ситуація, утворилися поля хронічного забруднення [12]. Надходження забруднювальних речовин антропогенного походження, активне вилучення біологічних ресурсів (зокрема, в результаті рибальства більше 70 млн. т за рік) стають постійно діючими екологічними факторами.

Аналіз наявного експериментального матеріалу показує, що основними видами забруднювачів є вуглеводні (сира нафта, нафтопродукти, нафтові вуглеводні), хлоровані вуглеводні (пестициди, поліхлоровані біфеніли), токсичні метали, радіоактивні речовини. Як відомо, забруднення Світового океану нафтою і нафтопродуктами є однією з глобальних екологічних бід. Найбільші екологічні збитки наносять океану аварії із суднами, оскільки вони супроводжуються концентрованими викидами нафти. Нафта може переноситись у морі на сотні кілометрів. Особливо небезпечна нафтова плівка, яка вдвічі знижує інтенсивність обміну речовин між атмосферою і гідросферою, і викликає загибель риби, морських птахів та мікроорганізмів. Останні гинуть навіть за наявності у воді

всього лише декількох міліграм нафти на літр. Згідно зі статистичними даними, за період з 1973 по 2016 роки щорічно в аварію попадало в середньому 31 судно, яке перевозило нафту.



Рис. 9 Дуже важка паливна нафта на морському дні після розливу з пошкодженої баржі

Нафта мала щільність АНІ, рівну 4, отже, щільність у 1,04 порівняно з щільністю морської води в 1,025 (надано NOAA).

Прогнозування потенційних змін характеристик нафти з плином часу дозволяє оцінити вірогідну стійкість розлитої нафти і, отже, встановити найбільш вірогідний метод ліквідації розливу. У зв'язку з тим часто проводили поділ між нестійкими видами нафти, які через свою летючість і низьку в'язкість швидко зникають з поверхні моря, і стійкими видами нафти, які розсіюються повільніше, і їх усунення зазвичай вимагає заходів з очищення. Прикладами першої категорії є газолін, нафта і гас, тоді як більшість видів сирої і паливної нафти, а також нафта середніх і важких фракцій і бітум оцінюються як стійкі [8].

Альтернативна класифікація поділяє часто транспортовані види нафти на чотири групи відповідно до їх характеристики АНІ. Мета цієї класифікації полягає в тому, щоб згрупувати різні види нафти за схожими характеристиками поведінки при розливі в морському середовищі. Загальне правило таке, що чим вище АНІ і чим нижче щільність нафти, тим менш стійкою вона є. Тим не менш,

важливо враховувати, що деякі види нафти, що класифікуються як нафта легких фракцій, поведуться більше як нафта важких фракцій через наявність у їх складі парафінів. Нафта з вмістом парафінів понад 10% має високу температуру застигання, і при низькій температурі повітря нафта буде або напівтвердою, або високов'язкою рідиною, і процеси вивітрювання відбуватимуться повільно.

Іноді виділяють п'яту групу для нафти зі щільністю вище 1 і показником АНІ нижче 10. Для такої нафти ймовірно занурення на дно, особливо в солонуватій воді; цей вид іноді позначається терміном LAPIO (нафти з низьким рівнем показника АНІ). Ця категорія включає дуже важкі види дизельного палива і залишкові нафтові суспензії.

Міжнародний режим відповідальності і компенсації для розливів з танкерів запровадив диференціацію, у яких останнє визначаються як складова з вуглеводневих фракцій, (а) як мінімум 50%, з яких за обсягом дистилюють при температурі 340°C, і (б) як мінімум 95%, з яких дистилюють при температурі 370°C при випробуваннях по методу ASTM - D 86/78 або для будь-якої подальшої модифікації даного методу.

1.19 Комп'ютерні моделі

Пропонується ряд комп'ютерних моделей, які прогнозують переміщення і траєкторію нафтового розливу. Деякі з них включають прогнози процесів вивітрювання, що показують, які ймовірні зміни розливої нафти з плином часу при заданому наборі умов. Ці прогнози часто ґрунтуються на базах даних фізичних і хімічних характеристик різних видів нафти, а також на результатах наукових досліджень і спостережень поведінки нафти. Проте, зважаючи на складність процесів вивітрювання і невизначеності переміщення нафтової плями, точне прогнозування загальної поведінки розливу як і раніше важкодосяжного зв'язку. Водночас важливо зрозуміти припущення, на яких ґрунтуються моделі вивітрювання і траєкторії, і брати їх до уваги при використанні результатів досліджень.

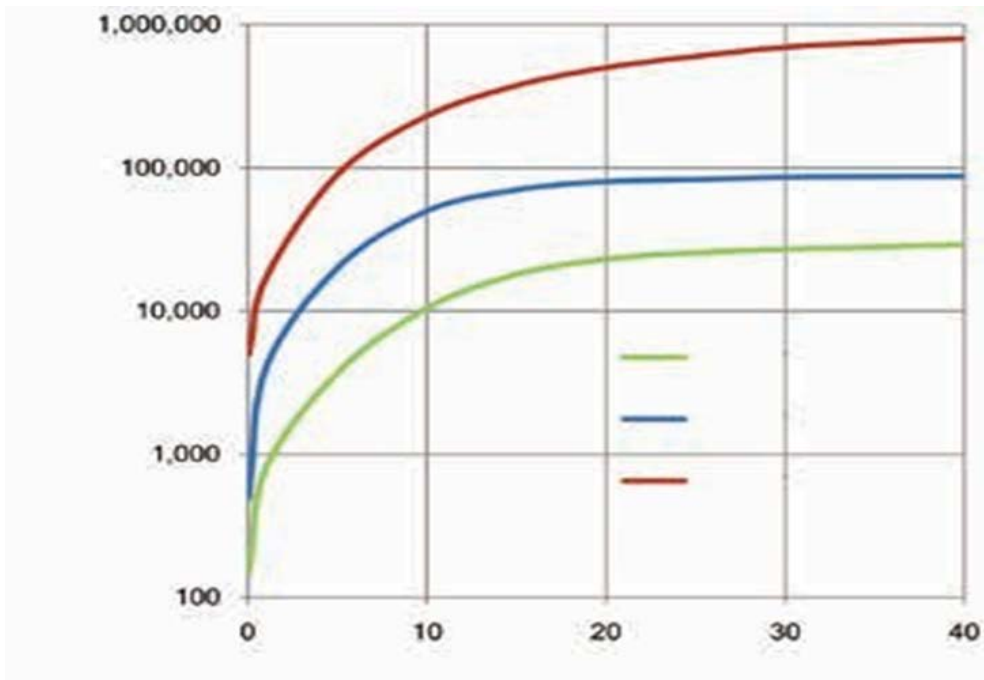


Рис. 10 Стандартна швидкість підвищення в'язкості при помірно-сильному хвилюванні моря

В'язкість нафти 1 групи ніколи не перевищує 100 сСт у морському середовищі і тому не відображено.

Зокрема, при операціях по ліквідації розливів нафти прогнозування на основі моделі повинно підтверджуватися спостереженнями фактичного поширення і поведінки нафти [10]. З іншого боку, такі моделі дають корисну індикацію про те, на чому повинні фокусуватися такі дослідження, а також про ймовірні результати розливу і поведінці конкретного виду нафти. Вони також корисні в контексті оцінки оптимальних методів очищення, для цілей навчання і в процесі планування заходів для ліквідації аварій.

1.20 Значення для планування операцій очищення і ліквідації аварій

Схильність розлитої нафти до швидкого поширення і фрагментації, особливо в умовах штормової погоди, завжди обмежує ефективність методів ліквідації аварій і не повинно недооцінюватися. Зокрема, корабельні системи збору нафти зі стандартною шириною смуги збору всього в кілька метрів не зможуть охопити значну кількість нафти після того, як вона пошириться і розповсюдиться на кілька квадратних кілометрів акваторії. У разі розливу малов'язкої нафти це може трапитися лише за кілька годин, з чим переважно

пов'язано те, що операції зі збору нафти на морі рідко дозволяють усунути більшу частину плями [9].

Переміщення нафтових плям змінюється в результаті вивітрювання, характер нафти може вказати на необхідність у будь-яких заходах, крім моніторингу розсіювання плями. За необхідності активного реагування процеси вивітрювання потребують повторної оцінки зменшення вибраних методів очищення у ході операції і в разі зміни умов. Наприклад, диспергент, що наноситься на поверхню моря, втрачає свою ефективність у разі поширення і підвищення в'язкості нафти. Залежно від складу конкретної нафти, багато диспергентів стають менш ефективними з наближенням часу. Дана схема була розроблена на основі польових спостережень і призначена для ілюстрації того, як стійкість нафти варіюється залежно від фізичних властивостей. Точна поведінка окремих видів нафти буде залежати від властивостей нафти і конкретних обставин на момент розливу. Особливий вплив на стійкість нафтової плями мають погодні та кліматичні умови. Наприклад, у штормову погоду нафта 3 групи може розсіятися в межах часу, що більш типово для нафти 2 групи. І навпаки, в холодних спокійних умовах час усунення може наблизитися до часу, характерного для нафти 4 групи. Нафта, що відноситься до 4 групи, включаючи важке дизельне паливо, яке перевозиться багатьма суднами як бункерне паливо, зазвичай, є високов'язкою і дуже стійкою, що робить її найбільш складною для усунення. Стійкість такої нафти дає їй можливість переноситися на значну відстань на морі з небезпекою стати джерелом широко поширеного забруднення. При в'язкості нафти до 10 000 сСт, а при значному підвищенні в'язкості, понад це значення, більшість з них зовсім перестають діяти. В'язкість нафти може зростати дуже швидко, у зв'язку з чим прийнятний термін використання диспергентів може бути дуже коротким. Отже, застосування диспергенту має регулярно спостерігатися, і операції розпилення диспергенту повинні бути припинені у разі втрати їх ефективності. Аналогічним чином, в разі мобілізації механічних систем збору нафти може знадобитися заміна використовуваних скімерів і насосів у ході вивітрювання нафти, підвищення її в'язкості і утворення емульсій. Розуміння ймовірних характеристик та поведінки різних видів нафти і створюваних ними

обмежень на операції очищення є суттєво важливим для розробки ефективних планів ліквідації аварій. Крім того, інформація про переважаючих вітрах і течіях протягом року вкаже найбільш ймовірне переміщення нафти і допоможе визначити себе як «тиксотропна рідина», тобто при обертанні диска всі крапельки води в емульсії шикуються в одну лінію, що призводить до зниження в'язкості і до розсіювання емульсії, а не її прилипання до диска. Такий же ефект має місце у відцентрових насосах, коли робоче колесо насоса може обертатися без продуктивного пропускання емульсії через насос, у зв'язку з чим для переміщення емульсії рекомендуються поршневі насоси.

Розуміння ймовірних характеристик та поведінки різних видів нафти і створюваних ними обмежень на операції очищення є суттєво важливим для навколишнього середовища.

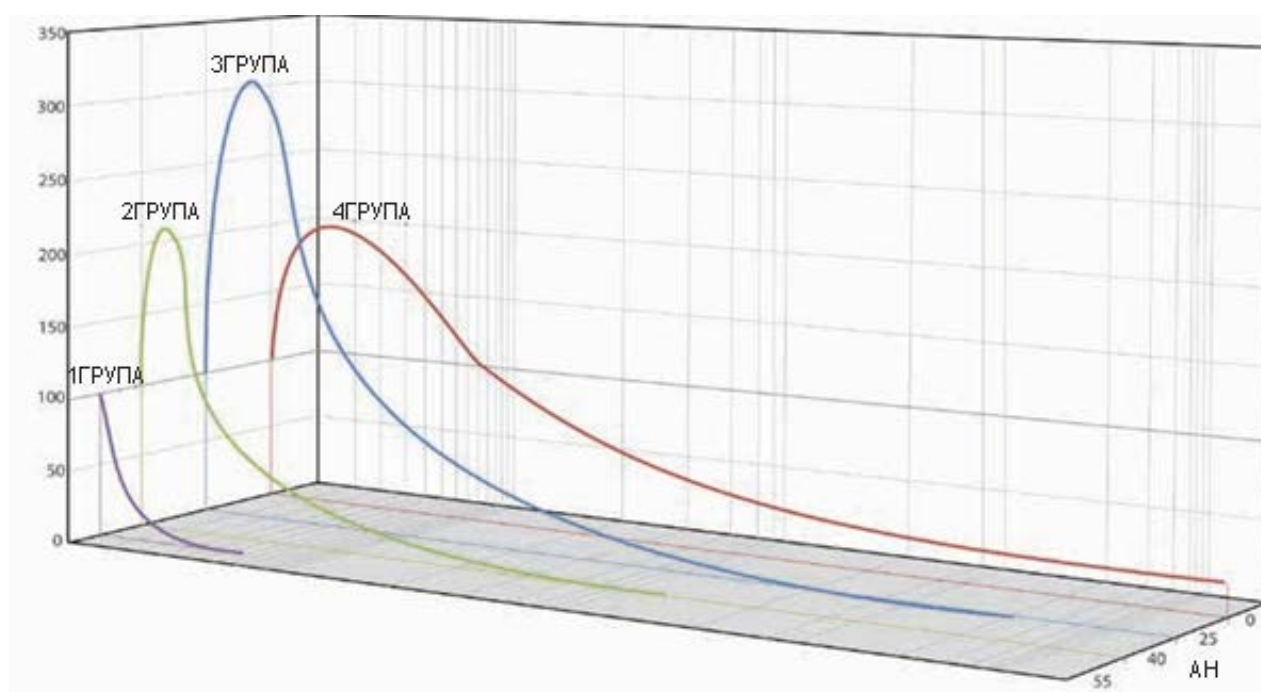


Рис. 11 Стійкість такої нафти дає їй можливість переноситися на значну відстань на морі з небезпекою стати джерелом широкого поширення забруднення в'язкої нафти до 10 000 сСт.

Крім того, інформація про переважаючі вітри і течії протягом року вкаже на найбільш ймовірні джерела забруднення океанів та морів, до яких відносяться: безпосередні викиди забруднювальних речовин в океан, наприклад, нафтопродуктів при перевезенні; безпосереднє надходження забруднювальних

речовин при підводних розробках та при видобуванні мінеральних ресурсів; річковий стік; прямий стік із суші (теригенний стік); перенесення забруднювальних речовин через атмосферу; підводні викиди нафти та газу; аварійні викиди із суден або підводних трубопроводів; випробовування переміщення нафти.



Рис. 12 Висока в'язкість нафти стала причиною невдачі застосування диспергенту, про що свідчить характерний білий шлейф

Дані про види нафти, що транспортується, допоможуть скласти прогнози, які можуть знадобитися при операціях з очищення, щодо ймовірного терміну існування нафтових плям, а також складу і кількості нафти, що залишилася [14]. Це також дозволить вибрати необхідні методи і обладнання для очищення.

Такі прогнози можуть бути досить точними щодо стаціонарних об'єктів, наприклад, нафтоналивних причалів і морських перевантажувальних установок, що оперують обмеженим набором різних видів нафти, де добре вивчені переважні погодні та морські умови. Це спрощує розроблення ефективного плану аварійних заходів і мобілізацію відповідних коштів для його здійснення. Наприклад, олеофільні (нефтозбірні) дискові скімери засновані на принципі налипання нафти на диск з її подальшим усуненням. Емульсія поводить себе як «тиксотропна рідина»,

тобто при обертанні диска всі крапельки води в емульсії шикуються в одну лінію, що призводить до зниження в'язкості і до розсіювання емульсії, а не її прилипання до диска. Такий же ефект має місце у відцентрових насосах, коли робоче колесо насоса може обертатися без продуктивного пропускання емульсії через насос, у зв'язку з чим для переміщення емульсії рекомендуються поршневі насоси.



Рис. 13 Дисконий скімер успішно функціонує у щойно розлитій нафті легкої фракції

У разі значного емульгування нафти ефективність операції по її усуненню знизилася б через нездатність емульсії прилипати до дисків.

На ділянках інтенсивного морського руху з великим числом транзитних суден, що перевозять різноманітні види нафти, такі плани не можуть передбачити всі можливі результати, тому ще більш важливо, щоб вигляд і поведінка розливої нафти були встановлені якомога раніше, і за необхідності аварійних заходів були використані найбільш доречні методи і засоби.

1.21 ТЕХНІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДОКУМЕНТИ

1. Повітряне спостереження морських розливів нафти
2. Поведінка морських розливів нафти
3. Застосування бонових загороджень при ліквідації розливів нафти
4. Застосування диспергентів для обробки нафтових розливів
5. Застосування скімерів при ліквідації розливів нафти

6. Встановлення наявності нафти на береговій лінії
7. Очищення берегової лінії від нафти
8. Застосування сорбентів при ліквідації розливів нафти
9. Позбавлення від нафти і сміття
10. Лідерство, командування і управління при розливах нафти
11. Наслідки нафтового забруднення для рибного промислу і морського фермерства
12. Наслідки нафтового забруднення для соціальної та економічної діяльності
13. Наслідки нафтового забруднення для навколишнього середовища
14. Відбір проб і моніторинг морських розливів нафти
15. Підготовка та пред'явлення позовів про відшкодування шкоди від нафтового забруднення
16. Розробка планів ліквідації аварій для морських розливів нафти
17. Ліквідація морських розливів хімічних продуктів

ТЕХНІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДОКУМЕНТИ

1. Povitryane sposterezhennya morskyykh rozlyviv nafty
2. Povedinka morskyykh rozlyviv nafty
3. Zastosuvannya bonovykh zahorodzhen pry likvidatsiyi rozlyviv nafty
4. Zastosuvannya dysperhent dlya obrobky naftovykh rozlyviv
5. Zastosuvannya skimeriv pry likvidatsiyi rozlyviv nafty
6. Vstanovlennya nayavnosti nafty na berehoviyy liniyi
7. Ochyshchennya berehovoyi liniyi vid nafty
8. Zastosuvannya sorbentiv pry likvidatsiyi rozlyviv nafty
9. Pozbavlennya vid nafty i smitty
10. Liderstvo, komanduvannya i upravlinnya pry rozlyvakh nafty
11. Naslidky naftovoho zabrudnennya dlya rybnoho promyslu i mors'koho fermerstva
12. Naslidky naftovoho zabrudnennya dlya sotsial'noyi ta ekonomichnoyi diyal'nosti
13. Naslidky naftovoho zabrudnennya dlya navkolyshn'oho seredovyshcha

14. Vidbir prob i monitorynh morskykh rozlyviv nafty
15. Pidhotovka ta pred'yavlennya pozoviv pro vidshkoduvannya shkody vid naftovoho zabrudnennya
16. Rozrobka planiv likvidatsiyi avariiv dlya morskykh rozlyviv nafty
17. Likvidatsiya morskykh rozlyviv khimichnykh produktiv

ITOPF – некомерційна організація, створена власниками світового танкерного флоту і їх страховиками для ефективної ліквідації морських розливів нафти, хімічних продуктів і інших шкідливих речовин. Технічні послуги організації включають реагування на аварійні ситуації, надання консультацій щодо методів очищення від забруднення, оцінку завданих збитків, допомогу в складанні планів ліквідації розливів і проведення навчання. ITOPF є джерелом вичерпної інформації про нафтове забруднення морського середовища, і даний технічний документ є одним із серії, який документує досвід технічного персоналу ITOPF.

ITOPF is a non-profit organization, targeted by the owners of the light tanker fleet and their insurers for the efficient delivery of marine bottled naphthas, chemical products and industrial shipments. Technical services of the organization include reacting to emergency situations, consultations on cleaning methods, assessing the ITOPF.

РОЗДІЛ 2

2.1 Виснаження біологічних ресурсів та забруднення океану

Розглядаючи екологічний стан Світового океану, слід виокремити дві основні проблеми: виснаження біологічних ресурсів та забруднення океану. Отже, проблема виснаження біологічних ресурсів океану. Ще сто років тому, очевидно, неможливо було уявити, що Світовий океан, який займає майже 70% всієї площі планети, можна забруднити, а його біологічні ресурси виснажити. Сьогодні виснаження біологічних ресурсів океану вже є беззаперечним фактом, який трапився. Він полягає як у зменшенні кількості ресурсів, так й у скороченні їхнього розмаїття. Вилов риби наносить значні збитки Світовому океану. За останні 50 років видобуток риби істотно збільшився, що призводить до несприятливих наслідків. Наприклад, для жителів узбережжя Північного моря оселедець є основним добувним ресурсом. Його щорічний видобуток становив більше 4 млн т. До середини 1990-х рр. з появою більш сучасних і ефективних знарядь лову, улови оселедця зросли, а його кількість істотно зменшилася.

Під забрудненням океану розуміють прямого або побічного надходження речовин або енергії в морське середовище, що несуть такі шкідливі впливи, як завдання шкоди живим ресурсам, небезпека для здоров'я людей, перешкоди морській діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морської води. Існують різні види забруднень – хімічне, фізичне, механічне, біологічне. Забруднювальні речовини надходять у Світовий океан як природнім шляхом, так і в результаті господарської діяльності людини. Практично ці шляхи не можна розділити.

Аварії з танкерами відбуваються через технічні причини, у зв'язку з несприятливими погодними умовами, попаданням у зону, де спостерігаються надзвичайно високі хвилі (до 20 м), пожежами і вибухами, зіткненнями з іншими суднами, а також унаслідок низької кваліфікації і недисциплінованості команди судна [11].

Дуже багато забруднень потрапляє в океани і з атмосфери: 200 тис. т свинцю, 1 млн т вуглеводнів, 5 тис. т ртуті тощо. Близько третини мінеральних добрив, що вносяться в ґрунт, вимивається з нього дощовими водами й виноситься ріками в

моря й океани; лише азоту й фосфору таким шляхом потрапляє у Світовий океан близько 62 млн т на рік.

При вживанні препаратів з лікарської рослинної сировини в організм людини надходить цілий комплекс біологічно активних речовин, зокрема, мікро- і макроелементи, які надають комплексний вплив на організм людини. Але поряд з ними в організм людини можуть надходити потенційно небезпечні хімічні сполуки техногенного походження, небезпечні для здоров'я людей [32, 77]. Найбільш небезпечними є важкі метали і радіонукліди через їх здатність до міграції по біологічних ланцюгах. Кожен з хімічних елементів, що поглинається рослинами, виконує у фізіологічних процесах певні функції.

Свинець. Хоча в природних умовах свинець присутній у всіх рослинах, виявити яку-небудь його роль у метаболізмі не вдалося. Останнім часом свинець привертає велику увагу як один з головних компонентів хімічних забруднень середовища і як елемент, токсичний для рослин. В рослини свинець надходить двома шляхами; поглинається корінням і листям. В огляді статті Ельчінінової О.А. наводяться концентрації свинцю в рослинах, прийняті за нормальні – 0,1...0,5 мг/кг повітряно-сухої маси, а максимальні – 10 мг/кг. Звичайно, вміст свинцю в сільськогосподарських культурах, які використовуються в їжу, знаходиться в межах 1...5 мг/кг сухої речовини [44]. У досліджених лікарських рослин Північного Прикаспію концентрація свинцю варіювала від 0,06 до 2,5 (0,24) мг/кг. У літературі нами не знайдено допустимі рівні токсичних елементів безпосередньо для лікарських рослин.

Кадмій. Кадмій – елемент надзвичайно високої токсичності. Іони кадмію володіють великою рухливістю в ґрунтах, легко потрапляють в рослини і по харчових ланцюгах надходять в організми тварин і людей. Солі кадмію мають мутагенні і канцерогенні властивості і становлять потенційну генетичну небезпеку. У харчуванні людей і тварин кадмій є кумулятивною отрутою. Нормальний вміст кадмію в рослинах 0,05...0,20 мг/кг повітряно-сухої маси, імовірно максимальне – 3 мг/кг. Питання про максимально допустимі межі вмісту кадмію в рослинних харчових продуктах є предметом широкої дискусії. В основній

масі досліджених зразків вміст кадмію коливався від 0,073 до 0,175 мг/кг, що не перевищувало допустимий рівень, який становить 1,0 мг/кг.

Ртуть. Ртуть у невеликих кількостях завжди присутня в рослинах. Фізіологічна роль мікро кількості ртуті, що фіксується в тканинах рослин, ще недостатньо зрозуміла. Рослини істотно розрізняються за здатністю поглинати і накопичувати ртуть. Концентрація ртуті в рослинах на незабруднених ґрунтах коливається від 0,005 до 0,050 мг/кг. У рослинах, які ростуть у забруднених районах, може накопичуватися набагато більше ртуті, ніж у нормальних умовах. У досліджених нами рослинах концентрація ртуті варіювала від 0,033 до 0,058 мг/кг. Максимальний вміст ртуті було виявлено в сировині Змієголовник молдавський (0,058 мг/кг). Допустимий рівень ртуті 0,1 мг/кг [11].

Миш'як. Він входить до складу рослин, але його біохімічна роль практично не вивчена. Передбачається, що миш'як поглинається рослинами разом з водою, проте можливо і активне поглинання миш'яку. Концентрація миш'яку в рослинах, які ростуть на незабруднених ґрунтах, змінюється в межах 0,001...1,500 мг/кг сухої маси. В умовах забруднення рослини можуть накопичувати екстремально високі кількості миш'яку, понад 6000 мг/кг сухої маси [5]. Концентрація миш'яку в досліджених нами рослинах варіювала в межах від 0,007 до 0,012 мг/кг. Гранично допустима концентрація – 0,5 мг/кг [42, 43].

Тому до вивчення було поставлене питання, яким чином очистити лікарські рослини від шкідливих домішок, які потрапили разом з поливною водою в рослини, тому до дослідження була взята водна рослина ехіорнія товстоножкова, на яку посилаються ряд зарубіжних авторів [12,23, 5].

Спостереження за забрудненням води деяких річок промислових районів показують, що процеси самоочищення забезпечують руйнування і нейтралізацію лише третини забруднювачів. Решта потрапляє в прибережну зону моря. За оцінками, внаслідок забруднення за останні 35 років інтенсивність життя в морях та океанах знизилася на 30%, а щорічна продукція нектону (плаваючих живих організмів), зокрема, промислових риб – не менш як на 20 млн тонн.

Особливої шкоди водоймам завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні плівку, що перешкоджає газообмінові між водою і

атмосферою, і знижує вміст кисню у воді; 1 т нафти здатна розпливитися на 12 км² поверхні води. Осідаючи на дно, згустки мазуту вбивають донні мікроорганізми, що беруть участь у самоочищенні води. Гниття донних осадків, забруднених органічними сполуками, продукує у воду отруйні сполуки, зокрема сірководень, що забруднює воду в річці чи озері.

Для оцінки природних вод існують певні показники, головними серед яких є гігієнічні ГДК (гранично допустимі концентрації), їх дотримання забезпечує нормальний стан здоров'я населення і сприятливі умови для санітарно-побутового використання. Вони також є критеріями ефективності заходів з охорони водою від забруднення, а також стимулами прогресу в галузі промислової технології. Ці гігієнічні нормативи використовуються також для оцінки комплексного забруднення поверхневих вод. Вони визначалися з урахуванням запаху, кількості завислих речовин, прозорості, кольору, окислення, вмісту розчинного кисню, біологічної потреби кисню (БПК), щільного залишку, кількості солей, хлоридів, фенолів, нафтопродуктів, жорсткості тощо.

Водні ресурси є одним з життєво важливих компонентів гідросфери земної кулі та необхідною підвалиною соціально-економічного розвитку в цілому, задоволення основних потреб людей, діяльності у галузі виробництва продовольства, збереження екосистем.

Екологічно руйнівні моделі розвитку в багатьох країнах світу призвели до деградації водних ресурсів, що відбивається на об'ємі наявних водних ресурсів та якості води. Тому виникає необхідність забезпечення оптимального використання вод, захисту ресурсів прісної води.

Україна належить до малозабезпечених країн за запасами води, що доступні до використання. До того ж довготривалі наслідки втручання людей у екосистеми призвели до суттєвих якісних і кількісних їх змін та антропогенного навантаження.

Значний економічний спад, що відбувався в останні роки, призвів до скорочення використання води в країні.

У 2000 році забір та використання води в Україні зменшилися порівняно з 1999 роком на 1466 та 1293 млн м³, об'єм зворотних вод, скинутих у водні

об'єкти, зменшився на 524 млн м³. Із загальної кількості скинутих зворотних вод – 2555 млн м³ становили недостатньо очищені (на 617 млн м³ менше, ніж у 1999 р.) і 758 млн м³ (на 9,5 млн м³ більше, ніж у 1999 р.) – без очищення. У 2000 році загальна потужність очисних споруд, через які проходять зворотні води перед скидом до водних об'єктів, зменшилася, порівняно з 1999 р. на 31 млн м³ і становить 7629 млн м³. Дві третини контрольованих водних об'єктів перебувають у стані антропогенного навантаження, а решта – екологічної напруги з елементами регресу. Найбільша забрудненість спостерігається у басейнах річок Дунай, Дністер, Південний Буг, Дніпро та Сіверський Донець. Найбільший вплив на стан поверхневих вод мають стічні води підприємств різних галузей промисловості, сільського і комунального господарств. Але слід зазначити і позитивне – економія свіжої води у 2000 році (завдяки впровадженню систем оборотного і повторно-послідовного водопостачання) становила 84,45%. Серед областей, що покращили цей показник – Миколаївська (97%), Рівненська та Хмельницька (96%), Харківська (94%).

Основними джерелами централізованого водопостачання є поверхневі води, від якості яких залежить якість питної води. На жаль, ми констатуємо факт, що сьогодні в Україні майже не залишилося поверхневих водних об'єктів, які б за екологічним станом належали до водних об'єктів першої категорії.

Останніми роками помітне погіршення якості води основних джерел централізованого водопостачання, що обумовлено незадовільною водогосподарською діяльністю, забрудненням річкового стоку і підземних водоносних горизонтів органічними сполуками, фенолами, нітратами, нафтопродуктами, патогенними мікроорганізмами.

Із досліджених проб водних об'єктів гігієнічним нормам за санітарно-хімічними показниками першої категорії не відповідає 20,8%, за мікробіологічними – 20,1%, зокрема, у 3% проб було виділено збудники інфекційних захворювань. Для водойм другої категорії ці показники становлять відповідно – 22%, 19,7%, 0,9%. У зв'язку з відсутністю місцевих джерел близько 1200 населених пунктів в Автономній Республіці Крим і південних областях України частково чи повністю забезпечуються привізною питною водою.

Аналізуючи стан систем водогінно-каналізаційного господарства в Україні, необхідно підкреслити, що з 21285 водогонів централізованого водопостачання не відповідають гігієнічним нормам 6%, з 1119 комунальних – 10, 2%, а з 5824 сільських – 5,3%. Такий стан зумовлений відсутністю зон санітарної охорони, необхідного комплексу очисних споруд та знезаражувальних установок.

Найгірше становище склалося у водогінно-каналізаційному господарстві Луганської, Житомирської, Полтавської, Херсонської, Кіровоградської, Донецької та Миколаївської областей.

Особливе занепокоєння у зв'язку з хімічним та бактеріальним забрудненням викликає стан водопостачання сільського населення. Тільки четверта частина сіл України користується послугами централізованого господарсько-питного водопостачання. Як приклад, можна навести такий факт – понад 60% населення Київської області споживають воду з криниць, вміст нітратів у яких у 1,5–30 разів перевищує норму.

Понад 50% питної води з підземних джерел водопостачання не відповідає вимогам стандарту за органолептичними показниками.

Слід також звернути увагу на погіршення технічного стану основних фондів. Сьогодні четверта частина основних фондів очисних споруд відпрацювала свій нормативний термін амортизації. Конституцією України визначено: водні ресурси – національне багатство країни. Кожен громадянин України має право на достатнє забезпечення питною водою гарантованої якості.

Головною метою адміністративної реформи, що проводиться в Україні, є зміна методів та механізмів управління соціально-економічним розвитком суспільства. Оновлені владні структури повинні відійти від застосування адміністративних важелів управління у важливих життєдіяльних сферах шляхом упровадження відповідного законодавчого поля та нормативних засад ринково-орієнтованих соціально-економічних відносин у суспільстві.

Проведення реформ та актуальність проблем охорони водних ресурсів і забезпечення населення якісною питною водою зростають в умовах переходу до ринку та розгортання процесу приватизації.

Серед законодавчо-нормативних актів, що складають національне водне законодавство, закони «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991 р.), «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (1994 р.), «Про меліорацію земель» (2000 р.), Кодекс про надра (1994 р.), ряд законодавчих актів містобудівного, підприємницького, адміністративного та цивільного законодавства.

Основним документом, який регулює водні правовідносини в Україні, включаючи й моніторинг вод, є Водний кодекс України, прийнятий Верховною Радою України у червні 1995 року (з доповненнями від 2000 р.). Відповідно до його положень, державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюють Кабінет Міністрів України разом зі спеціально уповноваженими органами державної виконавчої влади.

За станом поверхневих вод суші та морських екосистем ведуть спостереження Мінекоресурсів, Міністерство охорони здоров'я. Національне космічне агентство України. Держводгосп веде радіологічні та гідрохімічні спостереження за водами, переформуванням берегів та гідрогеологічним станом у прибережних зонах водосховищ, а також облік ресурсів поверхневих вод. Держбудом забезпечується спостереження за якістю питної води у централізованих системах водопостачання та станом стічної води міської каналізаційної мережі.

Для здійснення державного управління та контролю в галузі використання вод і цілеспрямованої й ефективної діяльності щодо задоволення потреб населення і економіки у воді, збереження, раціонального використання і охорони вод Верховною Радою України та урядом за роки незалежності України затверджено цілу низку державних програм. Серед них Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води (1999 р.), Загальнодержавна програма охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів (2001 р.), «Про Програму розвитку водопровідно-каналізаційного господарства» (1997 р.).

Наближається до завершення процес опрацювання та прийняття Верховною Радою Закону України «Про питну воду та питне водопостачання». Слід зазначити, що єдиним законом у національному законодавстві, що проголошує

сьогодні для громадян України право на безпечну для здоров'я та життя питну воду, є Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

Законопроект «Про питну воду та питне водопостачання» передбачає закріпити право громадян на якісну питну воду та, з урахуванням екологічних, соціальних та економічних потреб, на належне обслуговування населення питним водопостачанням.

Позитивом цього законопроекту є те, що норми регулювання переносяться на сферу водопостачання, а саме: водопідготовки, виробництва, транспортування та надання послуг з водопостачання до споживача. Тобто, питна вода розглядається не як природний ресурс, як це передбачено Водним кодексом, а як продукт виробничої діяльності.

Проект закону також містить визначення правового статусу підприємств питного водопостачання, спеціально уповноваженого органу державного управління у сфері питної води та питного водопостачання, форми власності у сфері питного водопостачання, а також передбачено, що кожному споживачеві гарантується право вільного доступу до інформації про якість питної води.

У Верховній Раді України розглядається також поданий Кабінетом Міністрів проект Загальнодержавної програми розвитку водного господарства України. Основною метою зазначеної програми є впровадження цілеспрямованої та ефективної діяльності щодо задоволення потреб населення і галузей економіки у водних ресурсах, збереження, раціонального використання охорони водного фонду, запобігання шкідливій дії води і ліквідації її наслідків. Крім прийнятих Верховною Радою законів України, регулювальна роль у сфері охорони вод, раціонального їх використання та відтворення, закріплення права громадян на якісну питну воду і доступу їх до відповідної інформації належить нормативно-правовим актам урядового та відомчого рівня.

Кабінетом Міністрів у 2000 році схвалено Національний план дій з гігієни довкілля на 2000–2005 рр. Відповідно до цього плану, органи державної виконавчої влади, місцевого і регіонального самоврядування зобов'язуються

забезпечити населення питною водою, якість і кількість якої повинна відповідати вимогам санітарних норм і державного стандарту.

З метою поліпшення якості питної води, вдосконалення технологій очищення стічних вод та переробки осадів, зменшення витрат матеріальних та енергетичних ресурсів водопровідних каналізаційних підприємств Кабінетом Міністрів затверджено Програму розвитку вітчизняного виробництва нових високоєфективних коагулянтів і флокулянтів та технологій їх упровадження у практику очищення природних і стічних вод (1999 р.). Передбачається подовження дії Програми розвитку водопровідно-каналізаційного господарства України, до завдань якої належать стабілізація економічного становища підприємств, забезпечення їх надійного функціонування, підвищення технічної надійності та екологічної безпеки господарсько-питного водопостачання населення, а також рівня і якості послуг, що надаються населенню.

Для забезпечення збалансованого використання та охорони вод потрібно: здійснити розроблення комплексних програм моніторингу охорони та використання джерел водопостачання населення та якості питної води в регіонах України, впровадити маловодні та водозберігальні технології, нові сучасні засоби обробки та знезаражування води в технологіях, що використовуються на об'єктах водопостачання, та посилення управлінської підтримки зусиль підприємців щодо створення вітчизняного водоочисного обладнання.

Визнаючи пріоритет раціонального використання водних ресурсів і питної води в країні започатковуються ринкові механізми та економічне стимулювання споживачів до економного ставлення до водних ресурсів – екологічна вартість споживання води та її забруднення має стати зрозумілою для всіх верств населення, і в цьому питанні головним важелем повинні стати широка роз'яснювальна робота, залучення до цих процесів засобів масової інформації, громадських організацій екологічного спрямування.

Аналіз наявної законодавчої бази України щодо охорони та відтворення водних ресурсів, забезпечення населення якісною питною водою свідчить про реальну потребу в напрацюванні закону про національні напрями державної політики щодо регулювання водних відносин.

Екологічно руйнівні моделі розвитку в багатьох країнах світу призвели до деградації водних ресурсів, що відбивається на об'ємі наявних водних ресурсів та якості води. Тому виникає необхідність забезпечення оптимального використання вод, захисту ресурсів прісної води.

Останнім часом для України все більш нагальною стає проблема швидкого погіршення якості водних ресурсів. Основними причинами забруднення поверхневих вод є скидання неочищених та недостатньо очищених господарсько-побутових і виробничих стічних вод. Сьогодні більшість міських очисних споруд біологічного очищення стічних вод працюють вкрай неефективно, внаслідок чого спричиняють забруднення природних водойм, процеси цвітіння і заростання, пригноблення розвитку водних організмів та інші проблеми. Однією з причин цих явищ є скид на міські очисні споруди неочищених виробничих стічних вод промислових підприємств, які забруднені поверхнево-активними речовинами, іонами важких металів, різноманітними барвниками, дубильними речовинами тощо. Катастрофічні наслідки для природних водойм спричинює скидання неочищених висококонцентрованих стічних вод, наприклад, казеїнових виробництв – забруднення води, повітря, замори риби і, врешті-решт, перетворення чистої водойми на болото. Небажання підприємств влаштовувати власні локальні очисні споруди для попереднього очищення виробничих стічних вод, у крайньому разі розбавлення особливо концентрованих стоків, боротьба санепідстанцій з порушниками чистоти природних водойм – ось чи не основні реалії сьогодення.

Протягом останніх років спостерігається стала тенденція до погіршення якості води за вмістом біогенних та органічних речовин, синтетичних поверхнево-активних речовин, іонів важких металів майже в усіх поверхневих водах, що зумовлює погіршення питного водопостачання населення, виникнення замору риби та утруднює рекреаційне використання водних об'єктів.

На наявних каналізаційних очисних спорудах використовують технології та методи очищення, які майже століття не зазнавали серйозних змін.

У КПІ на кафедрі екобіотехнології та біоенергетики ФБТ під керівництвом завідувача кафедри доктора хімічних наук, професора Є.В. Кузьмінського

протягом останніх років успішно розробляється науковий напрям з біологічного очищення побутових та промислових стічних вод з метою створення вискоєфективних, маловідходних та економічно вигідних технологій з використанням сучасних рішень: анаеробно-аеробних процесів, нітриденітрифікації, анамокс-процесу, іммобілізованих мікроорганізмів, біоконвеєрних технологій [13,15].

Проведений комплекс експериментальних та виробничих досліджень з очищення стічних вод ряду промислових підприємств: молокозаводів та молокопереробних підприємств, казеїнового виробництва, солодового заводу, шкіряних заводів та ін.; міст та окремих громадських закладів при використанні лабораторних, експериментально-виробничих установок, сучасного лабораторного устаткування, методик проведення експерименту та аналізу забруднювальних речовин дозволив розробити нову біотехнологію очищення стічних вод.

Особливість нової технології – багатоступеневе анаеробно-аеробне очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів. Основні переваги: можливість підвищити ефективність очищення стічних вод від високомолекулярних органічних і неорганічних речовин, зменшити витрати електроенергії на очищення, підвищити надійність роботи очисних споруд в умовах добових, сезонних змін витрат стічних вод, надходжень токсичних речовин, зменшити об'єми утворених осадів і витрати на їх зневоднення та утилізацію.

Україна належить до малозабезпечених країн за запасами води, що доступні до використання. До того ж довготривалі наслідки втручання людей у екосистеми призвели до суттєвих якісних та кількісних їх змін та антропогенного навантаження.

Значний економічний спад, що відбувався в останні роки, призвів до скорочення використання води в країні.

Аналіз ситуації показав, що малі річки України забруднені більше, ніж великі. Це пояснюється не тільки їхньою малою водністю, але й недостатньою охороною. Найбільш забруднені Південний Буг, річки Донецької і Луганської областей, Чорноморського узбережжя півдня України.

Очисні споруди і каналізаційні мережі населених пунктів Херсонської області не відповідають вимогам техногенно-екологічної безпеки. Обладнання та мережі наднормативно зношені. Існує потенційна загроза забруднення водойм, зон рекреації державного значення. Через недосконалість та зношеність систем водовідведення відбувається забруднення Дніпра, Азовського та Чорного морів недостатньо очищеними та неочищеними (аварійні скиди) стічними водами.

У результаті аварійної ситуації, яка виникла в березні 2003 року, продовжується скид неочищених стічних вод з міськводоканалу м. Берислав Херсонської області в Каховське водосховище. Очисні споруди повністю зруйновані. Ремонтно-відновлювальні роботи щодо реконструкції очисних споруд та каналізаційних мереж м. Берислав не проводяться.

Очисні споруди, каналізаційна та зливова мережі м. Скадовська, смт Лазурне Скадовського району знаходяться в незадовільному технічному стані. Скид зворотних вод із очисних споруд м. Скадовська в Джарилгацьку затоку Чорного моря здійснюється з перевищенням нормативів гранично допустимого скиду.

Очисні споруди смт Каланчак зношені. Реконструкція, капітальний та поточний ремонт очисних споруд не здійснюються. Відстійник знаходиться в аварійному стані, стічні води потрапляють на земельну ділянку.

Шкідливі викиди в повітряний басейн області здійснювали 475 підприємств. Від них протягом 2017 року в атмосферу надійшло 9,6 тис. т забруднювальних речовин (без вуглецю діоксиду), що на 0,1 тис. т (або на 1,0%) менше, ніж у 2016 році, і склало 20,2 т в середньому на одне підприємство.

Найбільша кількість забруднень потрапила в атмосферу від підприємств м. Херсона (2,6 тис. т, або 27,5%).

Із загальної кількості викидів 8,3 тис. т, або 86,5% хімічних речовин та їх сполук мають парниковий ефект та негативно впливають на зміну клімату. Зокрема, це викиди метану – 5,1 тис. т, оксиду азоту – 0,5 тис. т. Крім того, в атмосферу надійшло 319,6 тис. т діоксиду вуглецю, який має також парникову дію.

З метою регулювання речовин, що руйнують озоновий шар 1 січня 1989 року набув чинності, зокрема і для України, Монреальський протокол «Про речовини, що руйнують озоновий шар». Протоколом визначений перелік регульованих речовин, до якого відносяться хлорфторвуглеводні, галони, гідрохлорфторвуглеводні. На виконання вимог Монреальського протоколу Постановою КМУ 4.03.2004 р. за №256 затверджена «Програма припинення виробництва та використання озоноруйнівних речовин на 2004–2030 роки в Україні».

У процесі забезпечення регульованого переходу підприємств на використання озонобезпечних замінників і технологій враховуються світові тенденції у цій сфері, технічна та економічна доступність альтернативних речовин або технологій, а також зміни, що вносяться до Монреальського протоколу. Програмою передбачено припинення використання хлорфторвуглеводнів до 2014 р., галонів – до 2030 р. та припинення споживання гідрохлорфторвуглеводнів до 2030 р.

Головними заходами щодо зменшення викидів в атмосферне повітря є:

1. Створення газоуловлювальних установок та пристроїв для технологічних систем та вентиляції;
2. Розробка технологічного устаткування для нейтралізації вихлопів двигунів внутрішнього згорання;
3. Перехід на газоподібне паливо, виключення етилованого бензину, використання нейтралізаторів токсичних вихлопів.
4. Упровадження обладнання для допалювання та очищення газів від котелень та інших нагрівальних печей.

Рівень очищення води надзвичайно низький. Наявні очисні споруди навіть при біологічному очищенні вилучають лише 10–40% неорганічних речовин (40% азоту, 30% фосфору, 20% калію) і практично не вилучають солі важких металів.

У Дніпро щорічно скидається 370 млн кубометрів забруднених стоків або 14% від їх обсягу по країні. Промислові підприємства використовують більше граничнодопустимих 20% стоку Дніпра. Це дуже знижує якість води, а також рибопродуктивність і може призвести до втрати Дніпра як постачальника питної води.

36 мільйонів жителів України, що споживають води Дніпра, можуть залишитися без питної води вже у XXI столітті. Наслідки забруднення водного середовища можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини. Шкоди можуть завдати такі поширені забруднювачі як фторо-, хлоро-, і фосфорорганічні забруднювачі, нітрати, нітрити, нітросполуки, пестициди, гербіциди тощо.

Ці та інші негативні явища відбуваються на тлі низьких запасів води в Україні, які складають 97,3 км³ (у маловодні роки – 66 км³). Дефіцит води в Україні вже зараз складає 4 млрд кубометрів.

Деградація, висихання малих річок невідворотно призведе до деградації великих рік, тому проблема їхнього збереження й оздоровлення є однією з найгостріших для нашої молоді держави.

У країні проводиться значна робота з охорони вод від забруднення. Розробляються схеми комплексного використання і охорони вод, згідно з цими схемами здійснюється вибір ділянок під будівництво об'єктів, кожен проєкт будівництва і реконструкції промислових та інших об'єктів проходить екологічну експертизу.

Що стосується очищення стічних вод, то в Україні діє понад 2,8 тис. очисних споруд із самостійним випусканням стічних вод у водні об'єкти. Серед них споруд біологічного очищення – 60%, механічного – 35% і фізико-хімічного – 5%. Понад 300 міст мають споруди повного біологічного очищення.

2.2 Охорона вод від забруднення

З метою охорони вод від забруднення потрібно пришвидшити введення нового порядку лімітування скидів, плати за скиди забруднювальних речовин.

Усі природні водойми мають здатність до самоочищення. Самоочищення води – це нейтралізація стічних вод, випадання в осад твердих забруднювачів, хімічні, біохімічні та інші природні процеси, що призводять до видалення з водойми забруднювачів і повернення води до її первісного стану. Проте здатність водойми до самоочищення має свої межі. Нині у водойми стало надходити так багато стічних вод, а самі ці стічні води настільки забруднені різними токсичними (отруйними) для мешканців водойм забруднювачами, що багато з водойм почали деградувати. Тому людство, якщо воно хоче мати майбутнє, повинно вдатися до

спеціальних досить дорогих і трудомістких заходів для очищення забруднених вод і повернення джерел водопостачання до стану, коли б вони стали придатними для використання. До заходів, що мають забезпечити нормальний стан водних об'єктів, можна віднести:

- нормування якості води, тобто розроблення критеріїв щодо її придатності для різних видів водокористування;
- скорочення об'ємів скидів забруднень у водойми шляхом удосконалення технологічних процесів.

Скидання забруднених стоків та безповоротний водозабір негативно впливають на водні ресурси. Протягом 2017 р. у водойми скинуто 0,9 млн м куб. забруднених стоків (у 2016 р. – 1,0 млн м куб.). Частка забруднених зворотних вод у загальному водовідведенні зменшилась порівняно з минулим роком з 1,5% до 1,2%. Близько 41,0% забруднених стоків потрапило у водойми внаслідок недостатнього очищення зворотних вод на очисних спорудах. Необхідно зазначити, що наявна потужність очисних споруд (104,6 млн м куб.) дозволяла очистити забруднені зворотні води. Проте нестача у більшості населених пунктів централізованого водовідведення, низька якість очищення стічної води, незадовільний стан очисних споруд, що функціонують, були основними серед причин скидання забруднених стоків у поверхневі водойми. Найчастіше забруднювались водні ресурси області сухим залишком (24,4 тис. т), хлоридами (6,1 тис. т), сульфатами (5,2 тис. т), нітратами (0,5 тис. т).

39 водокористувачів, які скидають зворотні води у водні об'єкти області, 9 мають очисні споруди. Загалом, ці споруди працюють ефективно, відсоток очищення стічних вод, скинутих у відкриті водойми області, складає 98%. Неefективно працюють очисні споруди МКП «Очисні споруди» м. Скадовська, ККУП «Джерело» Каланчацької селищної ради. Певний об'єм стічних вод, які скидалися у водойми з очисних споруд цих підприємств у 2017 році, віднесено до категорії недостатньо очищених.

Скид зворотних вод у 2017 році порівняно з 2016 роком збільшився на 6,54 млн м³. Щодо скиду забруднених зворотних вод у поверхневі водні об'єкти області, то тут спостерігається збільшення об'єму скиду забруднених зворотних

вод на 7,06 млн м³ порівняно з 2016 роком. Збільшення об'ємів скиду забруднених стічних вод відбулося через дренажні води, які надійшли від господарської діяльності рисосіяльних підприємств області та установ житлово-комунального господарства.

Таблиця 1 Скид забруднених вод у поверхневі води

Показники	Одиниця виміру	2015	2016	2017
1	2	3	4	5
Забрано води з природних джерел, усього	млн м ³	1466	1432	1727
зокрема:				
поверхневої	млн м ³	1405,062	1374,68	1668,24
підземної	млн м ³	60,32	57,81	58,76
морської	млн м ³	0,187	0,109	0,109
Забрано води з природних джерел у розрахунку на одну особу	м ³	1400,19	1367,7	1649,5
Використано свіжої води, усього	млн м ³	1037	989,6	1276
Зокрема, на потреби:				
господарсько-питні	млн м ³	40,57	40,04	39,49
виробничі	млн м ³	32,84	33,77	31,02
сільськогосподарські	млн м ³	0,219	0,215	0,221
зрошення	млн м ³	960,6	913,8	1203
рибогосподарські*	млн м ³	-	-	-
Використано свіжої води у розрахунку на одну особу	м ³	1317,94	1295,67	1218,72
Втрачено води при транспортуванні	млн м ³	202,9	208,8	186,7
	% до забраної води	13,84	14,58	10,8
Скинуто зворотних вод, усього	млн м ³	73,95	66,12	77,66
зокрема:				
у підземні горизонти	млн м ³	-	-	-
у накопичувачі	млн м ³	4,666	3,826	3,31

на поля фільтрації	млн м ³	-	-	-
у поверхневій водній об'єкти	м ³	69,28	62,29	69,35
не віднесених до водних об'єктів	млн м ³	-	-	-
Скинуто зворотних вод у поверхневій водній об'єкти, усього	млн м ³	69,28	69,29	69,35
з них: нормативно очищених, усього	млн м ³	22,82	22,53	21,81
зокрема: на спорудах біологічного очищення	млн м ³	22,77	22,51	21,80
на спорудах фізико-хімічного очищення	млн м ³	0,015	0,018	0,012
на спорудах механічного очищення	млн м ³	0,041	-	-
нормативно (умовно) чистих без очищення	млн м ³	46,30	38,77	38,16
Забруднених, усього	млн м ³	0,153	0,989	0,912
зокрема: недостатньо очищених	млн м ³	0,144	0,376	0,372
без очищення	млн м ³	0,009	0,612	0,540
Скинуто зворотних вод у поверхневій водній об'єкти у розрахунку на одну особу	млн м ³	0,0000706	0,00006315	0,00006624

Примітка: відповідно до звітів водокористувачів по формі статистичної звітності.

Таблиця 2 Динаміка скиду забруднювальних речовин в стічних водах по області

Найменування речовини	Рік						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
БСКПОВ	457,0	462,0	377,0	332,0	236,0	257,0	264,0

Таблиця 3 Скидання забруднювальних речовин зі зворотними водами у поверхневі водні об'єкти

Скидання забруднювальних речовин за регіоном	2015 рік	2016 рік	2017 рік
	Об'єм забруднювальних речовин, тис. т	Об'єм забруднювальних речовин, тис. т	Об'єм забруднювальних речовин, тис. т
1	2	3	4
БСКПОВ	0,236	0,257	0,264
ХСК	1341,0	1,475	1,410
Завислі речовини	0,240	0,271	0,261
Фосфати	0,0488	0,04869	0,05159
Сухий залишок	24,61	24,59	24,10
Нафтопродукти	0,000007	0,000018	0,000056
Сульфати	5,267	5,368	5,221
Хлориди	6,329	6,2	6,05
Азот амонійний	0,036	0,037	0,036
Нітрати	0,436	0,485	0,469
Нітрити	0,029	0,028	0,03
СПАР	0,002499	0,002395	0,002484
Залізо	0,003463	0,003386	0,003348
Мідь	0,000005	0,000005	0,000005
Цинк	0,000026	0,000019	0,000029
Марганець	-	-	-
Алюміній	-	-	-
Магній	-	-	-
Фтор	-	-	-
Хром (+6)	0,000004	0,000003	0,000004

Таблиця 4 Типи очищення зворотних вод, млн м³ на рік

Рік	Водний об'єкт	Скинуто всього	Усього	Нормативно очищених на очисних спорудах			Потужність очисних споруд	
				Біологічне очищення	Фіз.-хім. очищення	Механічне очищення	Усього	Зокрема, перед скиданням до водного об'єкта
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015								
Усього по області		69,28	22,82	22,77	0,015	0,041	101,4	96,91
2016								
Усього по області		62,29	22,53	22,51	0,018	-	104,3	96,72
2017								
Усього по області		69,35	21,81	21,80	0,012	-	104,6	97,68

Таблиця 5 Скидання забруднювальних речовин у поверхневі водні об'єкти, тонн на рік

Рік	Водний об'єкт	Разом	Скидання забруднювальних речовин							
			БСК	ХСК	Завислі речовини	N (сума мінеральних форм)	P (оргофосфаги)	Мінералізація	Нафтопродукти	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2015										
	Усього по області		236,0	1341,0	240,0		48,80	24610,0	0,007	
2016										
	Усього по області		257,0	1475,0	271,0		48,69	24590,0	0,018	
2017										
	Усього по області		264,0	1410,0	261,0		51,59	24100,0	0,056	

2.3 Гідробіологічна оцінка якості вод та стан гідробіоценозів

Антропогенне втручання в гідрологічний режим Дніпра значною мірою відобразилося на екологічному стані всього пониззя. Об'єм водного стоку за останні десятиріччя знаходився в межах 42,1–42,5 км³ за рік, що на 20% нижче того, який спостерігався до впровадження гідротехнічних заходів у басейні Дніпра. Сезонні та короточасні регулювання стоку греблею Каховської ГЕС спричинили незворотні процеси в рівневому та термічному режимах, швидкості течій у водотоках та водоймах даної ділянки. В гідрографічній мережі посилюються процеси евтрофікації та відмирання малих водотоків і заплавної водойми. Такі процеси пов'язані переважно з погіршенням водообміну та замуленням водних об'єктів.

Проблеми, пов'язані з гідросферою, зумовлені браком прісної води для потреб людства, її забрудненням, втратами води внаслідок скорочення водоносності річок, порушенням природних колообігів та зменшенням продуктивності екосистем (через вимирання лісів, виснаження і руйнування ґрунтів земля відбиває більше сонячного світла в атмосферу; хмари розсіюються і опадів випадає менше; значну частину дощової води, яка падає на ліси, випаровують самі ж рослини).

Людство щорічно витрачає 3000 км³ води і потреба у воді зростає щорічно на 3,1%.

Велика частина води в результаті водоспоживання безповоротно втрачається. Такі втрати води можна умовно розділити на дві категорії:

- необхідні – у складі продукту та під час приготування різних робочих розчинів. Так, на виробництво 1 т паперу витрачається – 1,5–70 м³ води, 1 т сталі – 25 тис. л води, а для випуску одного автомобіля – 300 тис. л води;
- невинуваті, пов'язані з природним випаровуванням та з втратою через ушкодження трубопроводів і каналів.

У міських мережах водопостачання втрачається 30–50% води. Близько 80% усієї води, яка витрачається в промисловості, припадає на системи охолодження хімічних заводів і електростанцій. Щорічно безповоротне водопостачання становить близько 150 км³, тобто 1% стійкого стоку прісних вод.

Нестача питної води в певних регіонах пов'язана з нерівномірним розміщенням поверхневого стоку. Крім того, 96% прісних вод знаходиться в льодових щитах Антарктиди, Гренландії, айсбергах, льодовиках, у зоні вічної мерзлоти.

За відношенням до водних ресурсів усі галузі господарства поділяються на дві групи:

- споживачі, які забирають воду, використовують для виготовлення продукції, а потім повертають у меншій кількості та гіршої якості (у вигляді стічних вод);

- користувачі, які використовують воду як середовище (рибальство, водний транспорт, лікувальні установи чи курорти для купання та відпочинку) або як джерело енергії (гідроелектростанції), але й вони, зазвичай, погіршують якість води.

За даними ВООЗ, багато захворювань пов'язано зі споживанням води низької якості (кожен шостий житель Землі використовує для питних потреб воду, яка не відповідає санітарним вимогам).

Зниження якості природних вод (як поверхневих, так і підземних) зумовлено, головним чином, споживанням води, про що йшлося вище. Якщо в середні віки витрати води на людину становили 10–15 л/добу, то нині вона зростає до 150–600 л/добу. Використана вода або не очищується, або очищується недостатньо.

Найбільшим споживачем води є сільське господарство – використання води для поливу сільськогосподарських угідь становить близько 70%. Так, на вирощування на поливних землях 1 т цукрового буряку витрачається 130–160 м³ води, 1 т рису – 5000–7000 м³.

Забруднення вод негативно впливає на процеси, що відбуваються у водоймі, на функціонування гідробіонтів, здоров'я людей, існування екосистем. Недаремно В. Вернадський говорив про воду так: «...немає природного тіла, яке могло б зрівнятися з нею за впливом на перебіг основних, найграндіозніших процесів: не лише земна поверхня, а й глибокі – в масштабі біосфери – частини планети визначаються в найістотніших своїх проявах, її існуванням та її властивостями».

Найнебезпечнішими і найпоширенішими забрудниками природних вод є сполуки нітрогену та пестициди, що змиваються з полів чи потрапляють у воду при їх внесенні (особливо в разі розпилення з літаків), важкі метали, радіонукліди, нафтопродукти та багато інших.

Оскільки вода здійснює взаємозв'язки в екосистемах, то порушення будь-якого ланцюга впливає і на кількість та якість води. Зокрема, в разі надходження в поверхневі стоячі водойми з полів сполук, що містять фосфор та нітроген, створюються умови для швидкого розмноження влітку синьо-зелених водоростей і погіршення стану водойм (евтрофікація), яка спричинює:

- збільшення каламутності води;
- прогрівання верхніх шарів води;
- появу неприємного запаху і смаку води внаслідок виділення у воду продуктів розкладання органічних речовин та метаболітів;
- створення гіпоксичних умов і прискорення процесів гниття;
- зниження рН води;
- загибель окремих видів гідробіонтів.

Збільшення забрудненості річок і уповільнення процесів самоочищення зумовлене і створенням ГЕС та штучних водосховищ, що значно зменшує швидкість течії, погіршує перемішування та аерацію вод.

При створенні водосховищ для ГЕС на рівнинних річках акумулювання 1 км³ води викликає затоплення 300–320 км², на гірських – 80–100 км² суші, руйнування берегів, евтрофікацію водойм.

Втрата прісної води може відбуватися з різних причин. Важливу роль у цьому відіграє явище зменшення водоносності річок. Пов'язане воно з вирубуванням лісів, розорюванням лук, осушенням заплавних боліт, що, з одного боку, посилює поверхневий стік і збільшує масу води, що стікає у море, а з другого – зменшує поповнення ґрунтових вод, які підтримують водоносність річок.

Надмірне використання води зменшує стік річок. Через водовідбір одна з найбільших рік Китаю Хуанхе досягає Жовтого моря лише у дощові роки; Аральське море поступово гине через надмірне використання води річок Амудар'ї

і Сирдар'ї для потреб сільського господарства, а колишнє дно перетворюється на солончаки, переабруднені токсикантами, які під час суховіїв підіймаються в повітря й переносяться на сотні кілометрів. Не добирає й мілішає Азовське море через те, що майже третину річкових вод Дону й Кубані забирають на полив сільськогосподарських угідь.

Одночасно із забрудненням відбувається і самоочищення вод. Інтенсивність процесів самоочищення залежить від:

- типу та концентрації забрудників;
- умов водойми (рослинного і тваринного світу);
- зовнішніх умов (температури, освітленості).

Самоочищення водойм – це сукупність різноманітних процесів, які зумовлюють зниження концентрації забрудників у воді.

У процесах самоочищення водойм важливу роль відіграють водні організми, відомі під назвою фільтраторів і седиментаторів.

Фільтраторами називають таких тварин, які за допомогою тих чи інших пристосувань шляхом активних рухів відфільтровують із води різні речовини. Активними фільтраторами є ракоподібні (ластоногі, веслоногі і вусоногі), личинки комарів, деякі види риб. Седиментаторами (осаджувальниками) називають тварин, що утворюють колообіг, водяну лійку, на дні якої осаджують речовини, якими вони живляться. Такими є інфузорії, губки, деякі молюски тощо. У процесах самоочищення водойм велике значення належить рослинам. Завдяки фотосинтезу зелені рослини виділяють багато кисню, що йде на окиснення розчинених у воді органічних речовин. До фізичних факторів, які спричинюють самоочищення водойм, відносять розчинення, розбавлення і перемішування забруднень, що надходять. Ультрафіолетове опромінення сприяє знезараженню води. В основі хімічних факторів лежать хімічні реакції, що супроводжуються утворенням малорозчинних, газоподібних та інших речовин.

2.4 Водні проблеми України

До водного фонду України належать:

- поверхневі води: природні водойми (озера), водостоки (річки, струмки), штучні водойми (ставки, водосховища) і канали, інші водні об'єкти;

- підземні води та джерела;
- внутрішні морські й територіальні води.

Річковий стік України становить у середньому 83,5 млрд м³, у маловодні роки знижується до 48,8 млрд м³, причому розподілений нерівномірно: 70% припадає на Південно-Західний економічний район, що становить 45% території і в якому проживає 40% населення; 30% – на Донецько-Придніпровський і Південний райони (55% території і 60% населення), де зосереджені найбільш водомісткі галузі народного господарства.

Україна належить до держав з низьким рівнем водозабезпеченості. За запасами місцевих ресурсів річкового стоку на душу населення Україна посідає одне з останніх місць в Європі (в Україні на 1 жителя припадає 1,0 тис. м³, в Європі – 4,6 тис. м³).

В Україні 3039 річок завдовжки понад 10 км, близько 22000 малих річок, біля яких розташовується майже 90% населених пунктів. Більшість річок несуть свої води до Чорного і Азовського морів і лише 4% – до Балтійського.

З невеликим обсягом водних ресурсів на душу населення в Україні пов'язано створення ставків і водойм, затоплення значних територій родючих земель.

В Україні 748 водосховищ об'ємом понад 1 млн м³ кожне. Створення на Дніпрі каскаду гідроелектростанцій і водосховищ зумовило:

- спрямлення його русла;
- зменшення в декілька разів швидкості течії та інтенсивності процесів самоочищення;
- збільшення рівнів підземних вод;
- зникнення цінних порід риби, що віддавали перевагу швидкій течії;
- забруднення води гниючими органічними рештками стоячих вод.

З Дніпра п'ють воду майже 30 млн жителів України. Вода, що досягає південних територій України, потрапляє на поля зрошення значно забруднена важкими металами, радіонуклідами, нітратами, фосфатами, що призводить до забруднення земель Криму та південних областей України і накопичення забрудників у сільськогосподарській продукції.

Внаслідок підняття рівня підземних вод багато міст України потерпають від підтоплення, на крутих схилах берегів і річок ведеться боротьба із зсувами. Значної кількості води потребують АЕС.

Отже екологічними проблемами України, пов'язаними з водою є:

- нестача води в певних місцевостях;
- незадовільна якість питної води;
- забруднення Чорного та Азовського морів;
- забруднення водних об'єктів різноманітними речовинами;
- підтоплення територій поблизу водосховищ;
- зникнення малих річок;
- зсуви та селі в гірських районах.

Стан Чорного моря вважається кризовим, що зумовлено підвищенням рівня радіоактивності, підняттям шару гідрогенсульфіду до глибини близько 100 м, який збільшується внаслідок скидання в море неочищених господарсько-побутових стічних вод.

Ще однією проблемою України є забруднення підземних вод. У підземні води забрудники потрапляють зі звалищ побутових і промислових відходів, у разі протікання нафтопроводів, унаслідок втрат нафти і нафтопродуктів під час добування чи переробки, при будівництві метро, бурінні свердловин тощо. Всі ці забрудники (пестициди, нітрати, важкі метали, вуглеводні) можуть потрапляти з питними водами і в організм людини, спричинюючи отруєння чи захворювання.

На сьогодні актуальною є проблема не просто очищення води, а питання її підготовки шляхом коригування складу за зваженими частинками, мікроорганізмами, органічними та неорганічними речовинами, тобто підготовка питної води з максимальними вимогами до фізичних, фізико-хімічних та, особливо, біологічних властивостей води, яка необхідна людині на клітинному рівні для нормального протікання всіх її фізіологічних процесів.

Основними поверхневими природними джерелами водопостачання в Україні є вода річок Дніпра, Десни, Дністра, Сіверського Дінця, кількісний і якісний склад яких значно відрізняється.

Моніторинг фізико-хімічного складу різних джерел водопостачання показує, що межі існування природної питної води і води, яка пройшла підготовку

з використанням різних методів і апаратів, різко відрізняються. Тому необхідно користуватися двома різними значеннями верхнього і нижнього показників складу природних питних вод і питних вод, які пройшли підготовку відповідно до рівня нормативних значень, викладених у ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [1].

Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення полягає в оцінюванні якості води за органолептичними, токсикологічними, загальносанітарними (санітарним режимом) і бактеріологічними показниками. Органолептичні показники визначаються за запахом, смаком, кольором, мутністю, завислими речовинами, водневим показником рН, лужністю, загальною жорсткістю, загальною мінералізацією, сухим залишком, вмістом магнію, марганцю, заліза, хлоридів, сульфатів, нафтопродуктів тощо. Перевищення їх концентрації в 4–8 разів і більше ГДК оцінюється в 3–4 бали (норма 2), що є перешкодою для питного використання води. Стосовно будь-якого виду водокористування, головне значення має мінералізація води і склад головних іонів. Небажаною і навіть шкідливою вважається питна вода як із дуже високою (понад 1000 мг/дм³), так і з дуже низькою (менше 100 мг/дм³) мінералізацією. Вода з мінералізацією 50–100 мг/дм³ і менше не смачна і сприймається як дуже прісна.

2.5 Шляхи вирішення проблем гідросфери

Проблеми гідросфери планується вирішувати такими шляхами:

- економія води;
- розширення використання морської води для потреб народного господарства і побуту;
- очищення стічних вод;
- зменшення забруднення природних вод.

Економія води.

Економії води можна досягти багатьма шляхами. Нижче наведені основні з них:

- встановлення лічильників витрачання води в кожній квартирі;
- створення краплинного поливу в сільському господарстві;

- покриття водонепроникними матеріалами дна і стінок водосховищ з метою уникнення підтоплення прилеглих територій, розмивання й замулення;
- використання для поливу сільськогосподарських угідь морської води. Це здійснюється в більшості країн на узбережжі Середземномор'я, Аравійського півострова, в Індії, Австралії, США, на островах Тихого, Атлантичного та Індійського океанів;
- розширення морського водопостачання. На узбережжі Світового океану завдяки використанню морської води вже в 1985 р. зекономилось 2/3 прісної води на господарсько-побутові проблеми. Найчастіше морську воду вживають для системи охолодження АЕС, ТЕС, котельних, металургійних заводів, під час транспортування сировини, видобутку корисних копалин, у бальнеологічних цілях;
- опріснення морської води. Для цього використовують методи термічної дистиляції, заморожування (для опріснення ними 1 м³ води з концентрацією солей 3,50/00 потрібно витратити відповідно 230,4 та 28,44 МДж електроенергії), миттєвого закипання, мембранні (зворотний осмос, електродіаліз, мембранна дистиляція тощо); найширше використовують зворотний осмос (його рушійною силою є різниця робочого тиску по обидва боки мембрани) у країнах Близького і Середнього Сходу та Північній Америці;
- впровадження «сухих» технологій. В Україні такі технології впроваджуються у нафтопереробній галузі та в целюлозно-паперовій промисловості;
- перехід на оборотний та замкнутий цикл водопостачання, що дає змогу зменшити не лише витрату чистої води, а й забруднення природних поверхневих водойм;
- заміна водяного охолодження повітряним, що забезпечить скорочення використання води в різних галузях промисловості на 70–90% (повітряне охолодження використовують на металургійному заводі «Азовсталь», Горлівському ВО «Азот» та ін.);
- зменшення забруднення стічних вод після вилучення з них цінних компонентів (Одеський торговий порт і нафтопереробний завод виділяють зі стічних вод близько 20 тис. т нафти).

На сучасному етапі абіотичні процеси, які визначають погіршення умов мешкання гідробіонтів, продовжуються. Це вже призвело до зміни рибогосподарського статусу ряду заплавних водойм, часткового чи навіть повного знищення особливо цінних у харчовому відношенні організмів понто-каспійської фауни, значного погіршення показників багатства зоопланктону, фітопланктону, вищої водної рослинності та бентосних угруповань. Ряд водойм знаходяться на стадії загибелі.

Інтенсивне господарське споживання води в приміських районах, підвищений антропогенний тиск на екосистеми зумовили необхідність всебічного вивчення водойм пониззя Дніпра, зокрема, і з точки зору впливу гідрологічного режиму на процеси формування якості води та біопродуктивності водних об'єктів в цілому.

Вважається однак, що натепер ідентифіковано не більше 5% видів мікроорганізмів, що беруть участь в аеробному очищенні води. Слід зазначити, що багато аеробних бактерій є факультативними анаеробами. Продуктами їх життєдіяльності є вуглекислота, водень, органічні кислоти і спирти. Численні дослідження очищення стічних вод у реакторах з мікрофлорою, іммобілізованою на інертних носіях, показують, що процес біодеструкції забруднення відбувається в декілька разів швидше, ніж в інших типах реакторів [5, 9].

Так, автори статті [5], розглядаючи шляхи використання мікроорганізмів, акцентують увагу на їх іммобілізації як важливій складовій, що забезпечує покращення показників очищення стічних вод. Показано, що біоремедіація стічних вод з використанням мікроорганізмів і їх агрегатів визнана ефективною зеленою технологією (оскільки має біологічне походження) з відносно низькою вартістю порівняно зі звичайними фізичними і хімічними процесами обробки.

Мікроорганізми можуть використовуватися двома способами:

- пряме змішування вільних мікроорганізмів зі стічними водами (поділу між мікроорганізмами і оброблюваними стічними водами немає);
- мікроорганізми, іммобілізовані в матеріалах для фіксації або інкапсульовані в матрицю (існує чітка межа між мікроорганізмами і оброблюваною водою). Використання саме іммобілізованих або інкапсульованих

різним способом мікроорганізмів вважається більш ефективним, ніж застосування вільних клітин, оскільки це призводить до більш високого завантаження біомаси, легшої роботи на межі тверда речовина – рідина, вищої швидкості біодеградації та забезпечення кращої стабільності роботи, суттєвого захисту від токсичних речовин, підвищеної стабільності плазмід у складі іммобілізованих клітин [6].

Як матеріал для фіксації або для іммобілізації мікроорганізмів усередині біореактора розглядається лігноцелюлозна біомаса, кераміка, а також полімери як природного, так і синтетичного походження. Іммобілізовані клітини на таких носіях мають величезний потенціал для очищення широкого спектра забруднювальних речовин, включаючи фенольні сполуки, вуглеводні, пропіонітрил, органічні та неорганічні барвники, N, N-диметилформамід, піридин, бензол, толуол і ксилол (ВТХ), важкі метали, а також здатні видаляти зі стічних вод біогенні речовини, такі як азот і фосфор. Однак підкреслюється, що в цій сфері потрібна велика кількість різносторонніх досліджень для розробки систематично інтегрованих технологій і підвищення їх ефективності.

Для очищення сильно забруднених стічних вод, особливо з високим вмістом сполук азоту, досліджено ефективність послідовного ряду анаеробних, аноксидних, аеробних процесів біологічного очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів [7]. З цією метою в аеробній зоні для кращої аерації іммобілізованих мікроорганізмів пропонується встановлювати напрям руху струменів повітря перпендикулярно до напрямку руху води, що дає змогу досягти добової окисної потужності за амонійним азотом до 120–130 г/м³.

Найменш затратним способом їх видалення є гравітаційне відстоювання. Для цього запропоновано використання компактного та високоефективного тонкошарового первинного відстійника (рис. 3, 4). Біологічне очищення. Кінцевим і основним етапом процесу є біологічне очищення стічних вод від розчинених органічних забруднень, патогенних мікроорганізмів та біогенних елементів у блоці біоінженерних ставків (рис. 3, 5). При проектуванні та спорудженні біоінженерних ставків дуже важливо оцінити місце запланованого будівництва, адже саме навколишнє середовище створює умови для фізичних, хімічних та біологічних процесів у системі. З метою запобігання потраплянню

забруднювальних речовин у ґрунт і ґрунтові води передбачено покрити дно і стінки земляних резервуарів, у яких влаштовуються ставки, протифільтраційною полімерною плівкою. Для підвищення видової різноманітності мікроорганізмів та ефективного очищення обрано два види вищих водних рослин для насадження у біоінженерних ставках: рогіз широколистий (*Typha latifolia*) та очерет звичайний (*Phragmites australis*). Ці рослини мають одні з найкращих показників введення кисню у фільтрувальний шар ставка через свою кореневу систему. Як фільтрувальну основу ставків запропоновано використовувати гравій з діаметром частинок 4–8 мм, що дасть змогу уникнути швидкого замулювання системи і продовжити термін експлуатації споруд. У світовій практиці відомі випадки безаварійної роботи біоінженерних ставків тривалістю до 70 років [1]. Розрахована необхідна загальна площа біоінженерних ставків з горизонтальним підповерхневим потоком становить 3250 м². З метою покращення гідравлічних характеристик системи запропоновано спорудити п'ять паралельних ліній БС ГПП. Кожна лінія, зокрема, повинна складатися з чотирьох послідовно під'єднаних окремих одиниць БС. Глибина ставків має бути 0,3 м. Площа кожної одиниці БС ГПП становить 162,5 м² відповідно.

Аналіз даних з бактеріо-, фіто-, зоопланктону, макробоентосу вищої водної рослинності, отриманих протягом 2006–2012 рр. дозволив розділити досліджені озера за складністю фауністичної структури на групи.

За макробоентосом виділено 3 групи водойм. До першої групи увійшли озера, в котрих показники багатства донної фауни мають низькі значення. Внаслідок відсутності достатнього фактору, акумуляції значної кількості автохтонного рослинного матеріалу донна фауна знаходиться в пригніченому стані. Це Олексіївський лиман, озера Чичужне, Лягушка. В цих водоймах донні безхребетні представлені майже виключно олігохетами і хірономідами, питома вага яких у загальній біомасі бентосу перевищує 97%.

Водойми другої групи – Кардашинський, Збур'ївський, Голубов, Стеблійський, Собецький лимани, а також озера Біле, Безмен, характеризуються високим питомим фауністичним багатством (2,5–4,0 фауністичних груп на одиницю площі), видовим різноманіттям (1,05–3,39), високою чисельністю

(1500–3000 екз./м) і біомасою (4–660 г/м) донних безхребетних. Звичайними мешканцями цих водойм (зустрічаються більше 67%) є олігохети і хірономіди, які домінують, зазвичай, за чисельністю. Молюски домінують за біомасою.

В третю групу озер віднесений Нікольський лиман, якій відрізняється найбільш складною фауністичною структурою: питоме видове багатство складає 5,3 фауністичні групи на 0,5 м², зустрічальність понто-каспійських видів — 67%, інші показники відповідають мезосапробній зоні.

За мікробіологічними показниками екологічний стан більшості озер оцінено як «задовільний», крім оз. Лягушачого, Краснюкового та Збур'ївського лиману, які за мікробіологічними показниками відповідають «поганому» екологічному стану. За інтегральною оцінкою останні дві водойми відповідають «задовільному» стану. Підвищення мікробіологічних показників у них спричинено, можливо, високою мутністю води.

Екологічний стан основної маси досліджених водойм за показниками фітопланктону відповідає градації «задовільний» (середній бал – 3). У водоймах Олексіївський лиман і оз. Лягушаче (середній бал – 2) – «поганий» і лише в Нікольському лимані – «добрий». Це майже повністю збігається з інтегральною оцінкою, яка дана за всіма представленими елементами біоти за винятком оз. Чичужне. За нашими показниками екологічний стан даного водного об'єкта оцінений як «задовільний».

За показниками вищої водної рослинності водойми поділяються на три групи. До групи водойм з оцінкою «добрий» входять достатньо великі водойми з відкритим центральним плесом, глибиною 1,3–2,5 метри. Ступінь заростання водойми близько 30–40%. Іноді помітне її збільшення до 50–60% через розвиток лататтевих, та більш щільних заростей зануреної рослинності. Величини фітомаси, віднесеної до одиниці площі водойми, відносно низькі. У водоймах даної групи складаються досить сприятливі екологічні умови. До даної групи належать Собецький лиман, у верхів'ї якого нами помічені рідкісні угруповання *Trapeum natans*, що дозволило підвищити оцінку екологічного стану цієї водойми; Збур'ївський лиман, та оз. Краснюкове, де спорадично зустрічається *Trapa natans*, що підтверджує їх добрий стан.

Друга група об'єднує також досить великі водойми, але характер і ступінь їх заростання вищою водною рослинністю дещо інші. Ступінь їх заростання наближається до найвищої – 80–95%. Центральне плесо водойм цієї групи більш мілководне ніж у попередньої, середні глибини складають 1,5–1,8 м. Величини фітомаси в них також наближуються до найвищих.

У водоймах другої групи у наслідок високого розвитку вищої водної рослинності відбувається накопичення автохтонного рослинного матеріалу, що негативно впливає на якість води. Тому екологічні умови в цих водоймах будуть дещо гірші, ніж у водоймах першої групи, але ще залишаються на високому рівні.

Група водойм з оцінкою «погані» відзначається неоднорідністю. До неї віднесені невеликі мілководні (0,5–1,5 м) водойми різного генезису з уповільненим водообміном та різним ступенем ізоляції від основного русла. Саме два останніх фактори – водообмін та ступінь ізоляції від основного русла відіграють визначальну роль у формуванні угруповань вищої водної рослинності в цих водоймах. Характерною особливістю водойм цієї групи є наявність потужних донних відкладень із значною часткою автохтонного рослинного опаду та присутністю сірководню.

При вивченні екологічного стану водойм пониззя Дніпра за гідробіологічними, гідрохімічними і біологічними показниками особливу увагу було приділено Стеблівському лиману як одному з найбільших водойм пониззя Дніпра, який межує з високо урбанізованою територією.

Відповідно до трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) критеріїв за вмістом розчиненого кисню (більше 8 мг/дм³) вода лиману в будь-яку пору року відповідає першому класу і першій категорії якості вод – «дуже чисті». За вмістом інших хімічних інгредієнтів якість води лиману може оцінюватися як «слабко забруднена».

Оцінка якості води за показниками сапробності фітопланктону показала, що в лимані представлений весь спектр його видів-індикаторів - від *x-o*-сапробів (показників чистих вод) до *a-p*-сапробів (показників брудних вод). Доля показових організмів складала 25–70% від кількості знайдених водоростей. Виявлені види-індикатори — переважно показники *B*-мезосапробної зони

(індекси сапробності за Пантле-Букк (Рапіє, Виск, 1955) становили 1,60–2,12). Отже, якість води лиману за фітопланктоном змінюється в межах розрядів «досить чиста» – «слабко забруднена» (Оксиюк, Жданова, Гусьшська, 1994). Рівень розвитку фітопланктону дозволяє оцінити трофічний стан водойми як евтрофний. Досить високі (3,16 біт/екз та 3,44 біт/г) індекси Шеннона (Shannon, Weaver, 1949) демонструють вирівняність видів фітопланктону за чисельністю і біомасою, що характеризує водойму як екологічно благополучну.

На основі аналізу даних про зоопланктон встановлено, що Стеблівський лиман є типово антропогенно зміненою водоймою, особливо прибережні ділянки його верхнього плеса. Про це свідчать дуже високі структурні показники зоопланктону та наявність у ньому видів з високими значеннями індексу сапробності. В цілому якість води Стеблівського лиману за зоопланктоном оцінюється третім класом вод – «задовільні», категорією якості вод за ступенем чистоти «слабко забруднені».

Враховуючи високий ступінь видової специфічності макрозообентосних організмів до органічного забруднення, проведено сапробіологічну оцінку якості води у лимані за методом Пантле і Букк – у модифікації Сладечека (Shannon, Weaver, 1949). Були також використані наявні дані щодо індивідуальної сапробності бентосних організмів (Олексив, 1992). На різних ділянках лиману якість води у придонному шарі за макрозообентосом відрізняється несуттєво.

Індекс сапробності знаходиться у межах 2,10–2,86 ($a'-b''$ -мезосапробна зона). Його найбільше значення (для мулових біотопів) відповідає третьому класу якості води – «забруднені», п'ятій категорії якості – «помірно забруднені». Інші ділянки мають той самий клас якості води, але четверту категорію – «слабко забруднені». Середнє значення індексу по лиману (2,58) відповідає третьому класу якості води – «забруднені», п'ятій категорії якості – «помірно забруднені».

Таблиця 6 Якість води в придонному шарі Стебліївського лиману за макрозообентосними організмами

Показники якості вод	Пісок з черепашковим детритом	Черепашковий детрит	Замулений пісок	Біотоп мул з черепашковим детритом	Мул
Індекс	1,67–2,9	1,58–2,73	1,51–3,2	1,96–2,86	1,58–3,5
сапробності	2,10	2,25	2,36	2,48	2,86
Клас якості вод	III	III	III	III	III
Категорія якості	4	4	4	4	5

Враховуючи те, що як за гідрохімічними, так і за гідробіологічними показниками якість води лиману оцінюється третім класом, можна зробити висновок, що екосистема дослідженої водойми знаходиться у «задовільному» стані.

2.6 Мікробіологічна оцінка якості вод з огляду на епідемічну ситуацію

Фахівцями ДУ «Херсонський обласний лабораторний центр МОЗ України» та її відокремлених структурних підрозділів постійно здійснюються лабораторні дослідження води відкритих водоймищ у постійних створах та місцях водокористування (пляжах).

У 2017 році було досліджено за санітарно-хімічними показниками 828 проб річкової та 597 проб морської води, з яких не відповідали вимогам санітарних правил і норм 46 (5,5%) проб річкової та 4 (0,7%) проби морської води.

Проби річкової води за санітарно-хімічними показниками не відповідали нормативам з р. Інгулець за вмістом сухого залишку, хлоридів, сульфатів у Великоолександрівському і Високопільському районах та р. Дніпро за показниками ХСК (хімічне споживання кисню), БСК (біологічне споживання кисню) і розчинного кисню у м. Херсон.

Морська вода не відповідала вимогам санітарних правил і норм за вмістом нітратів у м. Скадовськ.

За мікробіологічними показниками досліджено 1408 проб річкової води та 1145 проб морської води, з яких не відповідало вимогам санітарних правил і норм 11 (0,8%) проб річкової та 14 (1,2%) проб морської води.

Морська вода не відповідала вимогам санітарних правил і норм по індексу ЛКП та індексу ентерококів у м. Скадовськ, а також по індексу ЛКП, індексу колифагів та ентерококів у м. Генічеськ.

За паразитологічними показниками досліджено 628 проб річкової та 508 проб морської води, з яких у 3-х (0,5%) пробах річкової води було виявлено наявність яєць гельмінтів та цист кишкових найпростіших (лямблій) у Високопільському районі (р. Інгулець) та м. Нова Каховка (р. Дніпро) [14].

Чинними в Україні законами передбачається, що для різних народногосподарських потреб має використовуватися вода певної якості. Неприпустимо, наприклад, використовувати питну воду для охолодження блоків ТЕС, забороняється скидати у водойми стічні води, які містять цінні відходи, що можуть бути вилучені шляхом раціональної технології. Головним напрямом захисту водного середовища в промисловості є перехід підприємств до роботи за схемою замкнутого циклу водопостачання, коли підприємство після очищення власних стічних вод повторно використовує їх у технологічному циклі, і забруднені стічні води взагалі не потрапляють у водойми.

У сільському господарстві, що є основним споживачем води, слід запровадити сувору економію води, раціональне її використання. Так, зміна суцільного поверхневого поливу на зрошуваних землях дощуванням або крапельним поливом дозволяє отримувати ті ж врожаї при витратах води у 5–7 разів менших. Зменшення кількості пестицидів, фосфатів, нітратів у водоймах можна досягти частковою заміною хімізації сільського господарства біологічними методами боротьби зі шкідниками й хворобами рослин, чітким дотриманням сівозмін, введенням більш продуктивних і стійких до хвороб і шкідників сортів рослин.

Очищення стічних вод – це руйнування або видалення з них забруднювачів і знищення в них хвороботворних мікробів (стерилізація). Сьогодні застосовується два методи очищення стічних вод: у штучних умовах (на спеціально створених

спорудах) і в природних (на полях зрошення, в біологічних ставках тощо). Забруднені стічні води послідовно піддають механічному, хімічному і біологічному очищенню.

Механічне очищення полягає у видаленні зі стічних вод нерозчинних речовин (піску, глини, намулу), а також жирів і смол. Для цього використовують відстійники, сита, фільтри, центрифуги тощо. Сучасні передові методи на найкращих зарубіжних установках дозволяють виділити до 95% твердих нерозчинних забруднювачів зі стічних вод.

Хімічне очищення стічних вод проводиться після їх механічного очищення. Водночас у забруднену різними сполуками воду додають спеціальні речовини-реагенти, які, вступаючи в реакцію із забруднювачами, утворюють нешкідливі або нерозчинні речовини, що випадають в осад і видаляються.

Біологічне очищення полягає у використанні природних або штучних водойм, де в стічні води (вже очищені механічним і хімічним способами) додають спеціальні мікроорганізми, що харчуються органічними домішками, наявними в стічних водах (органічними кислотами, білками, фенолами тощо), розкладаючи їх до простих нешкідливих сполук (води, вуглекислого газу, мінеральних солей).

Деякі особливо токсичні стічні води хімічних підприємств взагалі не піддаються очищенню ніякими сучасними методами. Їх доводиться захоронювати, закачуючи в підземні сховища. Таким чином, створюються небезпечні об'єкти, оскільки завжди існує загроза потрапляння таких отруйних вод у підземні водоносні горизонти. Інколи такі води піддають випаровуванню у відстійниках, щоб зменшити масу й об'єм відходів, які потребують поховання.

Води більшості районів Чорного моря знаходяться під впливом значної кількості джерел забруднення (ДЗ), до яких відносяться: стік річок, каналізаційні, господарсько-побутові і промислові скиди, зливові і дренажні стоки, змив добрив і пестицидів з полів, атмосферні опади, судноплавство, діяльність портів, гідротехнічне будівництво, днопоглиблення і дампінг ґрунтів, абразійне руйнування берегів, а також вторинне забруднення – надходження з донних відкладів накопичених забруднювальних речовин (ЗР).

Тому акваторія Чорного моря знаходиться у дуже забрудненому стані. Основними екологічними проблемами Чорного моря, що виникли наприкінці ХХ

століття під впливом антропогенної діяльності, є евтрофікація шельфових вод (надмірне надходження біогенних речовин), забруднення морського середовища токсичними речовинами. Крім того, на формування хімічної і біологічної структури значний вплив чинять кліматичні умови, термічний та гідрологічний режими вод. Так, зміни температури і солоності води призводять до змін умов вертикальної конвекції, горизонтальної циркуляції вод, продукції і деструкції органічної речовини. У комплексі всі ці процеси (гідрологічні, гідрохімічні, гідробіологічні) призводять до змін стану морських екосистем.

Життєздатність Чорного моря за останні десятиліття різко знизилася за багатьма ознаками, серед яких – зменшення морської флори і фауни, негативні зміни у хімічному складі води і збільшення забруднення морського середовища.

Негативний вплив хімічного забруднення на морські екосистеми загальновідомий. Унаслідок токсичного впливу ряду забруднювальних речовин (ЗР) відбуваються: акумуляція їх у гідробіонтах, зміни морфології гідробіонтів, порушення їх життєво важливих функцій і ряд інших негативних явищ [14].

Одна з основних причин забруднення Чорного моря, що відноситься до наземних джерел – забруднені стоки річок, берегові джерела забруднення (ДЗ). У Чорне море впадає 14 рік, які несуть із собою нафтові вуглеводні (НВ), пестициди, важкі токсичні метали (ТМ), азот і фосфор. Останні, не лише сільськогосподарські добрива, необхідні для морського фітопланктону, інших мікроорганізмів, але через їхній надлишок починається так звана «антропогенна евтрофікація». Це явище призводить до нестачі кисню (гіпоксії), і далі – до наступної проблеми аноксії та загибелі молюсків, риб, ракоподібних.

2.7 Вплив науково-технічного прогресу на океанічну поверхню

Науково-технічного прогрес негативно вплинув на морську життєздатність: інтенсивне судноплавство, активізація видобутку нафти й газу у водах континентального шельфу, викиди у море нафтових і радіоактивних відходів призвели до другого важкого наслідку – забруднення морського середовища, порушення екологічної рівноваги. Зокрема, активний нафто- і газовидобуток, що супроводжується накопиченням у морі шкідливих речовин у наслідку призвів до того, що 160 видів фауни знаходяться на межі вимирання.

За останні два–три десятиліття людство до такої міри забруднило океан, що вже зараз важко знайти такі місця у Світовому океані, де не спостерігалися б сліди активної діяльності людини [14].

Океан використовується не тільки для видобутку біологічних, мінеральних ресурсів, але і слугує простором для розвитку судноплавства, а також є лікувально-оздоровчим середовищем [15]. Таким чином, океан віддає людству всі свої багатства, тому нині порушується проблема його раціонального використання.

Відповідно до закону динамічної природної рівноваги водна система постійно змінюється внаслідок кліматичних та річних коливань. Тому загрозу для екосистеми слід чекати від антропогенного середовища, ця загроза може виникнути влітку, коли температура води різко зростає, тому в регіоні створюється несприятлива тенденція зростання забруднених вод у загальному обсязі відведення [6].

Водні ресурси є первинним чинником життєзабезпечення людства, тому вода повинна самоочищатися, але часто це не відбувається з причин недбалого ставлення населення Землі до природних ресурсів. В останній період часу в науці сформувалося точка зору, згідно з якою морські організми можуть не тільки накопичувати шкідливі речовини, але й синтезувати наприклад із сирової нафти, коли це підтвердиться, то це буде проблемою для всього екологічного середовища [7].

При випаровуванні та розчиненні вуглеводнів у воді, вони піддаються інтенсивному фотохімічному і біологічному окисленню, при цьому для окислення 1л нафти необхідно стільки кисню, скільки міститься в 400000 л води. Усе це знижує фауну морського середовища, прибережної зони, від фактору зниження вмісту кисню у воді [8].

У водоймі вуглеводні акумулюються в мулі, які потім є джерелом його хронічного забруднення. При зростанні температури води у водоймі токсична дія вуглеводнів посилюється [9].

Таким чином, антропогенне навантаження на водойми постійно зростає [10]. Відсутність обігових коштів на підприємствах перешкоджає відновленню та модернізації очисних споруд на підприємствах різної форми власності.

Ніхто не може заперечувати доцільність раціонального використання природних запасів таких, як вода. Ці запаси ми забруднюємо різними токсичними та шкідливими речовинами не тільки з водою, але із викидами в повітря від різних переробних підприємств.

Для того, щоб зберегти гідросферу нашої планети від подальшого забруднення і виснаження, необхідно перейти до раціонального використання водних ресурсів. Воно повинно базуватися на трьох основних принципах: суворій економії водовитрат; ефективному очищенні стічних вод; санітарній охороні поверхневих та підземних вод від забруднення та виснаження. Застосування на виробництві замкнених циклів водокористування, заміна на підприємствах наявних водомістких технологій на більш прогресивні, вдосконалення технології іригаційних робіт. Існує велика кількість способів очищення стічних вод і різні види їх класифікації. Серед способів очищення найпоширеніші механічний, фізико-хімічний і біологічний. Кожен із них передбачає цілий ряд методів. Застосування того чи іншого способу чи методу очищення вод визначається залежно від агрегатного стану, складу і концентрації забруднювальних речовин. При заборі води для господарсько-побутових потреб очищення здійснюють на водоочисних станціях. Вибір способів і методів очищення залежить від якості води та її призначення.

Прояснення води здійснюється внаслідок відстоювання, фільтрування та коагуляції. Знезараження води відбувається за допомогою дії рідкого хлору, хлорного вапна або озону. Поряд із знезараженням при дії даних сполук відбувається знебарвлення води. Пом'якшення води відбувається внаслідок дії вапна на надлишок солей кальцію і магнію. Такий метод має назву реагентного (пропускання води через іонітні фільтри катіонітовим методом пом'якшення води).

Зменшення вмісту заліза у воді досягається аерацією – збагаченням води повітрям, унаслідок чого кисень повітря окислює розчинені у воді солі двовалентного заліза (Fe_2^+) до тривалентного (Fe_3^+) [24].

Дегазація відбувається за допомогою аерації та фільтрування води через шар активного оксиду амонію. Таким методом виділяють з води сірководень метан, надлишок фтору, вуглекислого та інших газів.

Виділення з води речовин, що надають їй певного смаку і запаху (дегазація), здійснюють за допомогою активованого вугілля, озону, діоксиду хлору або перманганату калію.

2.8 Очищення стічних вод

Призначення СЛВ – сепаратор лляльних вод (OWS) – очищення води відкаченими з ллял машинного відділення від нафтопродуктів. Теоретично вода в осушувальних колодязях машинного відділення не повинна містити нафтопродуктів, оскільки під всіма механізмами перекачувальними нафтопродукти обладнані збірні піддони з трубами дренажу в збірні цистерни. На практиці проте нафтопродукти (масло, паливо) можуть потрапити в лляла в результаті невеликих протікань з'єднань трубопроводів, попадання на палуби в процесі ремонту або обслуговування механізмів. Вода по системі дренажів з палуб надходить у збірні колодязі, звідки насосом відкачується в збірну (лляльну) цистерну (Bilge Tank).

З цього танка вода відкачується за борт через СЛВ, в якому нафтопродукти відокремлюються, збираються і скидаються в збірний танк.

Сучасний СЛВ повинен забезпечити якість очищення, при якому вміст нафтопродуктів у воді на виході не перевищує 15 PPM (parts per million – частин на мільйон).

СЛВ розрізняються по конструкції – вакуумні або напірні.

Останній поділ говорить про те, як встановлено насос, що подає воду, і власне сепаратор. Якщо насос розташований перед сепаратором – це напірний тип.

До недоліків його відносять те, що насос додатково перемішує воду з нафтопродуктами, таким чином погіршуючи загальний процес поділу.

По застосовуваних методах очищення СЛВ бувають:

- гравітаційно-фільтрувальні,
- відцентрові,
- флокаційні,
- біологічні.

Гравітаційні-фільтри СЛВ

Це найбільш простий і поширений тип. Вода в такому СЛВ проходить два ступені очищення.

Спочатку в гравітаційно розподільній камері брудна вода нагрівається, таким чином різниця щільності води (1000) і нафтопродуктів (<1000)

збільшуються і частки нафти спливають на поверхню камери. Звідси вони видаляються періодично по сигналу від датчика нафтопродукту.

Потім вода проходить через фільтрувальні елементи – коалесцери. Тут найдрібніші мікрочастинки нафтопродукту затримуються на волокнах фільтра, злипаються в більші частинки і також спливають на поверхню камери.

Очищена вода виводиться з нижньої частини сепаратора.

Коалесцирувальні елементи можуть бути найрізноманітнішої конструкції – синтетичні фільтри схожі на дуже щільну губку, дотові (навиті або об'ємні), волоконні (навиті).

Сепаратори цього типу можуть бути як напірними так і вакуумними.

Якість очищення таких СЛВ відрізняється несуттєво і переважно залежить від типу фільтра. СЛВ цього типу чутливі до механічних забруднень – швидко забиваються фільтри.

ВІДЦЕНТРОВІ СЕПАРАТОРИ

Конструктивно виконані так само, як сепаратори для палива і масла. Підігріта вода подається в швидко обертовий барабан, де під дією відцентрової сили нафтопродукт має меншу щільність, збирається в центрі, а вода на периферії, звідки і відводиться.

Зазвичай, це сепаратори напірного типу.

Такі сепаратори показують хороший ступінь очищення, однак складні і дорогі в експлуатації й обслуговуванні.

ФЛОКАЦІЙНІ СЕПАРАТОРИ

Використовують принцип флокації – захоплення мікрочастинок нафтопродуктів спливаючими дрібними бульбашками повітря. Вода подається в камеру, у нижню частину якої подається тонко розпилене повітря. Мікропухирці, спливаючи, захоплюють частинки нафти і на поверхні води утворюється піна, яку знімають спеціальні лопатки. У цих сепараторах також стоять додаткові фільтри на виході.

Це СЛВ напірного типу.

БІОЛОГІЧНІ СЛВ

Це унікальний тип СЛВ, розроблений в останні десятиліття. Для очищення

води використовуються спеціальні штампи бактерій, що харчуються нафтопродуктами. Виробники декларують дуже високий ступінь очищення.

Швидше за все, такі сепаратори будуть чутливі до забруднень води хімічними речовинами, що не дуже практично, так як на борту вода систем охолодження і котлів обробляється хімією і протікання відбувається в лляла. Також хімія використовується для миття.

ПРИЛАДИ ВИМІРУ ЧИСТОТИ ВОДИ

Очищена в СЛВ вода відкачується за борт за умови нафтовмісту не більше 15 PPM. Вимір чистоти води проводиться спеціальними приладами, які частіше так і називають – 15PPM Monitor (Equipment).

Завдання вимірювання вмісту нафтопродукту у воді непросте, оскільки, по-перше, необхідно виробляти досить точний вимір концентрації «на льоту» – в потоці води, по-друге необхідно виключити вплив на вимірювач інших забруднень, наприклад, механічних. Запатентовано кілька методів вимірювання нафтопродуктів у воді.

Простий оптичний – коли вимірюється розсіювання або відбиття світла домішками у воді.

Метод заснований на поглинанні інфрачервоного випромінювання частинками нафти.

Метод флуоресценції – ароматичні вуглеводні при опроміненні їх ультрафіолетом починають світитися.

Очищення стічних вод потребує спеціальних очисних споруд і агрегатів, за допомогою яких виділяють, знезаражують або знешкоджують забруднювальні домішки.

Виробничі стічні води очищають разом із побутовими, але якщо концентрація забруднюючих речовин перевищує допустиму або стічні води містять високотоксичні речовини, то такі води попередньо очищають на очисних спорудах відповідних підприємств, установ і тільки після цього скидають у загальні очисні споруди. Перед скиданням очищених стічних вод у водойми їх обов'язково знезаражують.

Під час хімічного очищення у стічні води додають хімічні реагенти, які внаслідок реакції із забруднювальними речовинами сприяють випаданню

останніх в осад або їх випаровуванню. До хімічного очищення відносять коагуляцію і нейтралізацію. Коагуляція — процес додавання до стічних вод речовин-коагулянтів, що сприяють прискореному виділенню нерозчинних і частково розчинних речовин, які при відстоюванні не випадають в осад. Коагуляція зумовлює поступове осідання дисперсних часток і виділення їх з розчину у вигляді осаду. Цей процес називають седиментацією.

У річках та інших водоймищах відбувається природній процес самоочищення води. Проте він протікає повільно. Доки промислово-побутові скиди були незначні, річки самі справлялися з ними. У наше індустріальне століття у зв'язку з різким збільшенням відходів водоймища вже не справляються з таким значним забрудненням. Виникла необхідність знешкоджувати, очищати стічні води й утилізувати їх.

Вводяться нові промислові об'єкти, будуються нові судна, які при переробці чи транспортуванні вуглеводнів під час аварій забруднюють навколишнє середовище.

Будуються нові очисні споруди, але значне недоасигнування коштів призводить до того, що будівельні норми порушуються і не вводяться споруди для глибокого очищення забруднених вод [11].

Різноманітні забруднювальні речовини діють по-різному на навколишнє середовище: господарсько-побутові стоки призводять до біологічного забруднення води, яке може викликати інфекційні захворювання у людей (холеру, тиф, гепатит). Особливо небезпечні стічні води пунктів санітарної обробки білизни, спецодягу, стоки від лікарень, каналізаційні стоки, у яких часто містяться збудники глистових захворювань (гельмінтозів). Органічні забруднення часто призводять до зменшення вмісту розчиненого у воді кисню, наслідком чого є загибель водних організмів, фітопланктону. Надлишки азоту й фосфору у водоймі викликають її цвітіння і порушення біологічної рівноваги [12].

2.9 Характеристика стічних вод

Забруднення водних джерел включає в себе будь-які зміни фізичних, хімічних, біологічних властивостей води у водних об'єктах, обумовлених скиданням у них твердих, рідких та газоподібних речовин, які заподіюють шкоду

або створюють проблеми, що роблять воду небезпечною для споживання, завдаючи шкоди діяльності людини, здоров'ю людини та екологічній безпеці населення.

Забруднювальні речовини, потрапляючи у водні об'єкти, викликають якісні зміни, які виявляються в зміні фізичних і хімічних властивостей води (появі запаху, неприємного присмаку та ін.).

Промислові стічні води, зазвичай, забруднені викидами і відходами виробництва. Якісний кількісний склад даних стічних вод різний і залежить від галузі промисловості та виробничих процесів.

Особливо небезпечною забруднювальною речовиною є фенол. Фенол присутній у стічних водах більшості нафтопереробних і коксохімічних підприємств. У присутності фенолів значно знижуються біологічні процеси водних об'єктів, процес самоочищення, вода набуває досить неприємного запаху.

У коксохімічній промисловості об'єм стічних вод, забруднених відходами виробництва, складає близько 38% від кількості коксованої сухої шихти. Приблизно 30% з них становлять надсмольні води після виділення з них аміаку і летких фенолів. Майже на всіх коксохімічних заводах працюють пароциркуляційні обесфенолювальні установки, на яких переробляється близько 10 млн м³/рік надсмольної води і виходить понад 10 тис. т фенолів. У стічній воді після цих установок залишається ще 150–400 мг/л летючих фенолів і практично вся кількість нелетких фенолів (~360 мг/л). Значно краще надсмольна вода знефенолюється екстракційним методом, який отримав широкий розвиток за кордоном [1].

Кількість стічних вод може бути значно зменшена шляхом проведення низки організаційно-технічних заходів, насамперед, сушіння шихти, впровадження вогневого підігріву поглинального масла в бензолних відділеннях, упорядкування скидання чистих вод, а також шляхом використання окремих складових загального стоку в оборотних системах технічного водопостачання заводу [2].

2.10 Методи очищення стічних вод

Очищення стічних вод проводиться з метою усунення шкідливих і небезпечних властивостей, які можуть призвести до згубних наслідків у навколишньому середовищі. Застосування різних технологій очищення спрямоване на нейтралізацію, знешкодження або утилізацію цінних компонентів. Таким чином, вибір технології очищення та обладнання залежить передусім від властивостей стічних вод і їх відхилень від властивостей природних вод. Інакше кажучи, вибір методу очищення стоків залежить від шкідливих факторів (ШФ), якими володіє стічна вода.

В якості шкідливих факторів можуть виступати не тільки токсичні речовини — нафтопродукти, ПАР, іони важких металів, але й такі узагальнені показники, як агресивність середовища, загальна жорсткість (вище допустимої), вміст амонійного азоту, окислення та ін.

Щоб мінімізувати ці проблеми, зважені частинки, зазвичай, необхідно усунути або зменшити до прийняттого рівня перед використанням.

Великі частинки можуть бути легко видалені механічним шляхом фільтрації або відстоюванням. Більш дрібні частинки, також відомі як колоїдні частинки, видалити важче і необхідна фільтрація або осадження [3].

Наявність у стічній воді шкідливих факторів визначається з аналізу характеристик води. Кожному ШФ може відповідати група показників, тобто наявність у воді ШФ може визначатися декількома характеристиками, і в разі відсутності у воді повної характеристики, відсутній і ШФ.

Шкідливі фактори стічних вод зручно виділити в класи і кожному класу зіставити один або групу показників, які б однозначно визначали цей клас. Цю групу показників будемо називати ідентифікатором класу ШФ.

Аналіз численних літературних джерел дозволив виявити кілька класів ШФ і безліч методів, здатних знешкоджувати ці класи. Список деяких виявлених класів ШФ, їх ідентифікатори та групи методів знешкодження подані у таблиці 7.

Таблиця 7 Типи забруднювальних речовин у стічних водах і методи очищення

Тип забруднювальних речовин	Група забруднень	Методи очищення стічних вод
Грубодисперсні завислі речовини	Зважені речовини з розміром частинок більше 0,5 мм	Просіювання
		Первинне відстоювання без реагентів
		Фільтрація
Грубодисперсні емульговані частки	Краплинні забруднення, органічні речовини не змішуються з водою	Гравітаційна сепарація
		Фільтрація
		Флотація
		Електрофлотація
Мікрочастки	Зважені речовини з розміром частинок більше 0,01 мм	Фільтрація
		Коагуляція
		Флотація
		Напірна флотація
Стабільні емульсії	Нафтопродукти в кількості > 5мг/л, речовини, що екстрагуються сірчанним ефіром	Тонкошарова седиментація
		Напірна флотація
		Електрофлотація
Колоїдні частинки	Розмір частинок від 0,1 до 10 мкм	Мікрофільтрація
		Електрофлотація
Агресивність середовища	pH, загальна лужність, загальна кислотність	Нейтралізація
Масла	Концентрація масел більше 10мг/л	Гравітаційна сепарація
		Флотація
		Електрофлотація
Феноли	Концентрація фенолів 0,5– 5 мг/л	Біологічне очищення + озонування
		Сорбція на активованому вугіллі
	Концентрація фенолів 5–500 мг/л	Біологічне очищення
		Флотація + біологічне очищення
		Коагуляція + озонування
Високий вміст органічних домішок		Біологічне очищення
		Хімічне окислення (озон)
		Сорбція на активованому вугіллі

Іони важких металів	Концентрації Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Fe общ, Cd^{2+} 5 — 100 мг/л	Електрофлотація
		Реагентний + відстоювання
		Електродіаліз
		Електрокоагуляція
		Ультрафільтрація
		Іонний обмін
Ціаніди	Концентрація CN^- 1 — 10 мг/л	Хімічне окислення
		Електрофлотація
		Електрохімічне окислення
Хром (VI)	Концентрація Cr^{6+} 1 — 100 мг/л	Хімічне відновлення + електрофлотації
		Електрохімічне відновлення
		Електрокоагуляція
Хром (III)	Концентрація Cr^{3+} 5 – 100 мг/л	Електрофлотація
		Осадження + фільтрація
	Концентрація Cr^{3+} 0,5 — 5 мг/л	Іонний обмін
		Ультрафільтрація
Сульфати	Концентрація $(\text{SO}_4)^{2-}$ > 2000 мг/л	Реагентний + відстоювання + фільтрація
		Вакуумне випарювання
	Концентрація $(\text{SO}_4)^{2-}$ < 2000 мг/л	Нанофільтрація
		Зворотний осмос
Хлориди	Концентрація Cl^- > 300 мг/л	Зворотний осмос
		Вакуумне випарювання
		Електродіаліз
Загальний солевміст		Нанофільтрація
		Зворотний осмос
		Вакуумне випарювання
		Електродіаліз
Поверхнево-активні речовини	Аніонні і неіоногенні ПАР	Флотація
		Електрофлотація
		Сорбція на активованому вугіллі
	Аніонні, катіонні і неіоногенні ПАР	Ультрафільтрація
		Нанофільтрація
		Озонування

Як видно з таблиці 7, кожному типу стічних вод відповідає метод або група методів, придатних для їх очищення. Зокрема, багато методів очищення стічних вод дозволяють видаляти більше одного типу забруднень, що і застосовується при проектуванні і будівництві установок очищення води та очисних споруд.

Вибір найкращих доступних технологій очищення води є для проєктувальників досить складним завданням, обумовленим різноманітністю забруднювальних речовин в стічній воді і високими вимогами, що пред'являються до якості її очищення. Можлива утилізація цінних компонентів зі стічних вод, кислот і лугів з використанням, наприклад, керамічних мембранних елементів. На підставі результатів аналізу стічної води можна спроектувати очисні споруди і підібрати відповідне обладнання. Вибір обладнання для очищення стічних вод потрібно здійснювати методом порівняння даних про якість води з характеристиками даних технологічного обладнання [4].

Очисні споруди стічних вод проєктуються на підставі аналізу виробничих процесів і складу стоків. Наприклад, використовуються деструктивні методи очищення стічних вод промислових підприємств з розкладанням шкідливих речовин або переказів їх у нетоксичні з'єднання, і регенеративні методи, що базуються на утилізації та витягу забруднень з води.

2.11 Стадії очищення стічних вод промислових підприємств

Процес очищення стічних вод виробничого підприємства, зазвичай, включає декілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різних методів очищення стічних вод і відповідного технологічного устаткування. Дана ситуація зумовлена, насамперед тим, що багато методів, зокрема, тонке очищення стічних вод не можна використовувати, якщо в них присутні завислі речовини та емульсії. Крім цього, більшість методів очищення стоків має верхню межу концентрацій по забруднювальним речовинам, від яких даний метод повинен очищати стік. Отже, виникає необхідність попереднього оброблення стоків перед застосуванням основних методів їх очищення. Застосування стадійного очищення стічних вод промислових підприємств обумовлено також тим, що комбінуванням декількох типів процесів оброблення можна досягти необхідного ступеня очищення з мінімальними витратами [5].

На різних промислових підприємствах використовується різна кількість стадій очищення води. Це залежить від організації очисних споруд, використовуваних методів очищення та складу стоків. Для розроблення інформаційної системи процесу очищення стоків слід розглядати на основі більш узагальненого підходу.

Найбільш раціональним, очевидно, буде поділ процесу очищення стоків на чотири етапи відповідно до поділу забруднювальних речовин на основі їх агрегатного стану за класифікацією академіка Кульського.

Коагуляція та флокуляція

Характеристика коагулянтів і флокулянтів

В останні роки на ринку нашої країни з'явилося багато різних коагулянтів і флокулянтів, водночас, не існує строгого поділу речовин на коагулянти і флокулянти. У загальному вигляді до коагулянту, що призводить до агрегації частинок, відносять низькомолекулярні органічні або неорганічні електроліти, до флокулянтів — неорганічні або органічні високомолекулярні сполуки, що сприяють утворенню агрегатів завдяки об'єднанню декількох частинок через макромолекули адсорбованого або хімічно зв'язаного полімеру.

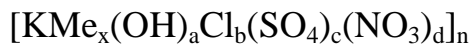
Ключовою характерною ознакою в даному разі є молекулярна вага. З хімічної точки зору, що відбиває фізико-хімічні взаємодії при освітленні і знебарвленні води, флокулянти обумовлюють агрегацію частинок у результаті хімічної взаємодії на відміну від коагулянтів, що впливають на електрокінетичний потенціал частинок. У зарубіжних виданнях, зазвичай, немає поділу на коагулянти і флокулянти, а всі хімічні реагенти, які беруть участь в агрегації і седиментації домішок води, називають флокулянтами. Тим не менш Ла Ме запропонував коагуляцією називати агрегацію частинок під дією простих іонів, а флокуляцією — агрегацію під дією полімерів [6].

Поняття коагуляції і флокуляції часто використовуються як синоніми. Вони обидва будуть агломератами колоїдних частинок, але вони виконують це по-різному. Коагуляція нейтралізує заряди на частинках, вони відштовхуються між собою, що дозволяє їм наблизитися до агломерату. Флокуляція з'єднує частинки, щоб зробити їх ще більші, таким чином вони можуть бути видалені більш ефективно і результативно.

Види коагулянтів і флокулянтів

Усі коагулянти і флокулянти діляться на органічні та неорганічні. Найбільшого поширення набули неорганічні коагулянти, вони являють собою солі алюмінію, заліза або їх суміші і суттєво рідше солі титану, магнію, цинку. Органічні коагулянти являють собою катіонні поліелектроліти, які ведуть себе як первинні (неорганічні) коагулянти. Але якщо дія неорганічних коагулянтів заснована на дестабілізації шляхом стиснення подвійного електричного поля, що оточує частинки, то органічні коагулянти здійснюють дестабілізацію завдяки абсорбції довгих молекулярних ланцюжків з подальшим утворенням містків між частинками і молекулами полімеру. Органічні коагулянти на відміну від флокулянтів є низькомолекулярними водорозчинними полімерами з молекулярною масою 10000–300000.

У загальному вигляді всі неорганічні коагулянти можна представити хімічною брутто формулою:



де $a + b + c + d = 2/6$, К — катіон, Ме — іон металу, $X = 1/2$.

В якості катіона можуть виступати калій, натрій, амоній, а основний метал-іон – залізо або алюміній. У кристалічному вигляді неорганічні коагулянти, зазвичай, являють собою кристалогідрати, добре розчинні у воді.

Коагулянт сульфат алюмінію являє собою кристалічну речовину, проводиться у вигляді різних фракцій у формі шматків і пластинок невизначеної форми або в гранульованому вигляді. Коагулянт призначений для очищення води господарсько-питного та промислового призначення, стічних вод, а також у технологічних процесах різних галузей промисловості.

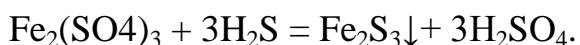
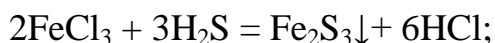
Неорганічні коагулянти на основі заліза. Коагулянти на основі заліза використовуються поряд з алюмомісними коагулянтами для очищення промислових і комунальних стічних вод. Застосування хлориду і сульфату заліза (III) дозволяє видалити такі забруднення природних і стічних вод, як:

- 1) зважені речовини (каламутність);
- 2) кольоровість;

- 3) хімічне та біологічне споживання кисню (ХПК і БПК);
- 4) фосфати;
- 5) нафтопродукти;
- 6) синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР);
- 7) важкі метали.

Вище наведені реагенти ефективно працюють за низької температури оброблюваної води, а також при високому значенні рН (9 і більше).

Крім того, використання коагулянтів на основі заліза забезпечує видалення запахів сульфідного походження (зокрема, меркаптоз'єднань і сірководню), з утворенням осаду сульфїду заліза:



У зв'язку з цим солі заліза ефективно використовуються для кондиціонування осадів комунальних станцій аерації: оброблений осад має більш щільну структуру, легше зневоднюється і не має характерного запаху.

Органічні коагулянти. Органічні коагулянти є катіонними, добре розчинними у воді низькомолекулярними поліелектролітами з молекулярною масою 1000–300000 а. е. м.

Органічні коагулянти характеризуються:

- високим катіонним зарядом, необхідним для дестабілізації негативно заряджених колоїдних часток і забезпечення швидкого утворення пластівців;
- відносно низькою молекулярною масою і в'язкістю, необхідною для того, щоб забезпечити потрібний розподіл полімеру в оброблюваній воді і катіонних зарядах навколо колоїдних частинок;

Застосування органічних коагулянтів дозволяє:

- 1) зменшити витрату неорганічних коагулянтів;
- 2) скоротити обсяг утворюється осаду після коагуляції-флокуляції;
- 3) підвищити здатність осаду до зневоднення;
- 4) підвищити ефективність і стабільність очищення води.

Флокулянти використовуються на додаток до коагулянту для збільшення розмірів пластівців, що утворюються, і їх подальшого видалення. У даному разі застосовуються продукти з високою молекулярною масою, слабкі катіони (до 15%) або аніони (від 0 до 50%). Флокулянти полімерного типу застосовуються після дестабілізації колоїдної суспензії коагулянтами, щоб збільшити ефективність процесу очищення. Завдяки своїй дуже великій молекулярній масі флокулянти утворюють містки між мікропластівцями, що виникли при коагуляції, створюючи більш великі макропластівці [7].

Використання слідом за коагуляцією дуже малих кількостей флокулянтів (0,01–0,5 мг/л) максимізує захоплення частинок, прискорює утворення пластівців і робить пластівці більш щільними і такими, що швидко осідають. Використання флокулянтів для цієї мети дозволяє також обмежити дозування коагулянтів до мінімальної кількості, необхідної для дестабілізації колоїдної суспензії, оскільки при цьому не потрібна надмірна кількість коагулянту для утворення суспензії, здатної випасти в осад.

Застосування флокулянтів рекомендується після дестабілізації колоїдної системи коагулянтами. Для кращого пластівцеутворення рекомендується вводити робочий розчин флокулянту через 20–30 секунд після внесення коагулянта.

Флокулянти дозволяють:

- максимізувати якість води при мінімізації часу відстоювання;
- збільшити продуктивність без капітальних витрат;
- підвищити ефективність системи фільтрації і збільшити термін служби фільтрів.

Змішання реагентів з водою

При коагулюванні домішок води необхідний швидкий і рівномірний розподіл реагентів в її обсязі для забезпечення максимального контакту частинок домішок з проміжними продуктами гідролізу коагулянту (які існують протягом короткого проміжку часу), так як процеси гідролізу, полімеризації і адсорбції протікають протягом 1с. Перекінетична (молекулярно-кінетична) коагуляція закінчується, коли частинки досягають розміру 1...10 мкм, що практично збігається з періодом швидкого розподілу коагулянту в оброблюваній воді в

змішувачах. Неєфективне змішання призводить до перевитрати коагулянту і малої швидкості агломерації домішок води при даній дозі реагенту. Отже, необхідно створити оптимальний режим роботи змішувачів, при якому коагулянт вступив би в зіткнення з максимальним числом частинок домішок води до того, як закінчаться реакції гідролізу і полімеризації.

Технологія біологічного очищення стічних вод різноманітного походження з одночасним одержанням енергоносіїв (біогазу або водню), яка забезпечує досягнення сучасних нормативних параметрів води, призначеної для скиду у природні водойми. Технологія очищення води реалізується послідовно у спорудах з різними кисневими умовами (анаеробними, аноксидними, аеробними) з використанням іммобілізованого на волокнистому носії біоценозу. Технологію впроваджено на міських очисних спорудах, підприємствах (шкірзаводи, молокозаводи, пивзаводи). Технологію можливо модифікувати для стічних вод різного складу та концентрації за органічними та неорганічними речовинами, наприклад, для стічних вод нафтових комплексів.

Новизна інновації: наявні фізико-хімічні технології очищення стічних вод потребують використання речовин, які самі можуть викликати забруднення, є енерговитратними, потребують додаткових технологій утилізації одержаних речовин, не вирішують питання утилізації осадів. Сучасні технології біологічного очищення стічних вод розроблені Інститутом колоїдної хімії та хімії води НАН України, ВНП ВОДГЕО, зарубіжними компаніями Ludzak-Ettinger, Bardenpho, Biodenitro, Carrousel, JNB, UCT, MUCT, A2/O з використанням анаеробного процесу, а використання гранульованого активного мулу в UASB-реакторах дозволяють ефективно очищувати стічні води, але характеризуються високими експлуатаційними та капітальними витратами. За запропонованою багатоступеневою анаеробно-аеробною технологією очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів на перших анаеробних стадіях відбувається розклад органічних сполук мікроорганізмами-гетеротрофами з одночасним виділенням біогазу або водню. Сірководень, що утворюється в анаеробній стадії, є сполукою, що осаджує важкі метали за їх наявності в стічній воді. Після оброблення осаду можливе їх вилучення.

Для покращення масообміну між стічною водою і іммобілізованими на поверхні волокнистих носіїв мікроорганізмами, а також для зрошення поверхні носіїв, розташованих у газовій фазі анаеробних біореакторів, влаштовано циркуляційний насос.

Після анаеробного біореактора стічні води надходять послідовно у аноксидні та аеробні біореактори. Для створення аноксидних умов і для масообміну на дні споруд влаштовані аератори для дрібно бульбашкової аерації, які забезпечують концентрацію розчиненого повітря близько $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Концентрація повітря в аеробних біореакторах – близько 2 мг/дм^3 . Відбувається розкладення органічних речовин, що містяться в стічній воді після анаеробного очищення, окиснення сполук азоту, аномокс-процес, в товщі біообростань – денітрифікація та ін. під дією гетеротрофних і автотрофних бактерій. Процеси відбуваються на поверхні носіїв, у товщі біообростань, а також за участю організмів, які вільно плавають. Очищені стічні води поступають у відстійники, де видаляються частинки біообростань і мулу, що вільно плаває, і які виносяться з аеробного біореактора (осад). Освітлені стічні води задовольняють нормативним параметрам та можуть бути скинуті у водні об'єкти. Осад з відстійника з високим ступенем мінералізації можна видаляти на мулові майданчики для підсушування і утилізації, наприклад, як добрива. Метали також можуть бути сорбовані на поверхні мікроорганізмів або накопичені їх клітинами у процесі перероблення осаду можливе їх видалення для подальшого використання.

За використання розробленої технології утворюється у 3–5 разів менше відходів (осаду) та на 40–60% знижуються витрати електроенергії порівняно із класичним аеробним очищенням стічної води. Використання іммобілізованих мікроорганізмів забезпечує високу концентрацію біомаси у споруді ($9\text{--}20 \text{ г/дм}^3$), високу якість утвореного осаду (зольність близько 50%), можливість спротиву залпових викидів, відсутність спухання мулу. На основі результатів лабораторних та виробничих досліджень анаеробно-аеробної технології розроблено методику розрахунку споруди (біореакторів), кількості волокнистого носія як для реконструкції наявних споруд, так і для нової запроєктованої. Використання даної технології одночасно з очищенням стічної води дозволяє отримати біогаз,

кількість метану в якому залежить від складу стічної води. Завдяки використанню носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами в аноксидних і аеробних біореакторах досягається висока окисна потужність, що дозволяє зменшити їх розміри в 5–10 разів, а також енерговитрати на аерацію порівняно з класичними аеротенками. Компактність біореакторів дає змогу зменшити площу споруд порівняно з класичними спорудами і знизити витрати на їх будівництво.

Опис проблеми:

Основною причиною забруднення поверхневих вод є скидання неочищених та недостатньо очищених господарсько-побутових і виробничих стічних вод, що призводить до виникнення анаеробних процесів, гниття органічних забруднень і, врешті-решт, до непридатності водойм-приймачів стічних вод для потреб водокористування, замору риби, цвітіння і заростання, ускладнення рекреаційного використання водних об'єктів. Особливо небезпечні стічні води ряду галузей промисловості (легкої, харчової, нафтових комплексів), які містять високі концентрації завислих речовин, високомолекулярних органічних сполук, а також жирів, СПАР, іонів важких металів та інших забруднювальних речовин. Для очищення комунальних і багатьох типів промислових стічних вод здебільшого використовують традиційні технології біологічного очищення в аеротенках у процесі аеробного окиснення за участю активного мулу. Використання таких технологій для очищення висококонцентрованих стічних вод має низку недоліків: вплив на ефективність очищення нерівномірності надходження стічних вод за витратами і концентраціями забруднень, залежність від температури (низька і швидка зміна температури уповільнюють процес), рН, токсичних для активного мулу речовин (СПАР, іонів важких металів, барвників тощо), невідповідність якості очищеної води встановленим нормам (особливо за сполуками азоту, фосфору), спухання мулу внаслідок розвитку нитчастих бактерій і, як результат, погане відокремлення його від очищеної води, велика кількість надлишкового мулу, який потребує значних витрат на оброблення та утилізацію.

Учені постійно вивчають методи біологічного очищення вод за допомогою рослин. Так, у публікаціях авторів [16, 17] було надано інформацію про те, що як природній фільтр було використано ейхорнію, яка, як і всі вищі водні рослини,

здатна в значних кількостях накопичувати важкі метали (свинець, ртуть, мідь, кадмій, нікель, кобальт, олово, марганець, залізо, цинк, хром), а також радіонукліди (цезій, стронцій, церій, кобальт та ін.). Водночас їх концентрації в рослинній тканині можуть бути в сотні (залізо, стронцій), тисячі (ртуть, мідь, кадмій, цезій), сотні тисяч разів (цинк, марганець) вище їх вмісту у воді [18]. Як усі водні рослини, ейхорнія за допомогою листків використовує для фотосинтезу вуглекислий газ повітря, а за допомогою кореневої системи, яка контактує з водою, засвоює з води неорганічний вуглець, карбонати, мінеральні солі, низькомолекулярні вуглеводи, амінокислоти та інші речовини. Коренева система ейхорнії дуже сильно розвинена і складається з великої кількості дрібних корінців. В цілому вони утримують на своїй поверхні різні органічні забруднювальні речовини і дозволяють рослині ефективно витягати з води різні сполуки азоту. Загальновідомо, що більшість хімічних елементів у стоках знаходяться у з'єднаннях. Так, наприклад, азот може бути в поєднанні з іншими елементами – киснем, воднем і іншими елементами. Водночас для ейхорнії в цих з'єднаннях сам азот є продуктом харчування для цієї рослини, і щоб виділити його із з'єднання в кореневій системі відбувається біохімічний процес – окислювально-відновлювальні реакції, у яких бере участь уся коренева система рослини, що забезпечує киснем аеробні бактерії в цій зоні, які здійснюють цей біохімічний процес; тобто являє собою потужну хімічну лабораторію, яка перероблює високомолекулярні в низькомолекулярні [18].

2.12 Вивчення енергозберігальних технологій водної тропічної рослини Ейхорнії товстоножкової

Для очищення стоків у світовій практиці нині вивчаються менш затратні методи очищення стічних вод, тому до вивчення постало питання використання в нашій місцевості рослини ейхорнії, яка швидко росте та інтенсивно поглинає із водного середовища практично всі біогенні елементи та їх з'єднання. Стебло ейхорнії укорочене з розетками овального листя. Черешки листя пухлякоподібно роздуті, наповнені повітрям і забезпечують вільне плавання рослини на поверхні води; кореневища довгі; при висиханні водоймищ ейхорнія укорінюється в мулові відкладення. Квітки в колосовидному суцвітті, з воронковидною ліловою оцвітиною

з 6 долей і 6 тичинками. Батьківщина Ейхорнії – тропічні і субтропічні райони Північної і Південної Америки. Рослина переробляє продукти руйнівної діяльності людської цивілізації в нешкідливі елементи таблиці Менделєєва, частину з яких успішно використовують для своєї життєдіяльності, а частину – кисень, водень – викидають в атмосферу на підтримку нашого життя [19], яка швидко росте та інтенсивно поглинає із водного середовища практично всі біогенні елементи та їх з'єднання. Нафтопродукти, технічні масла, фенол, сульфати, фосфати, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), мінеральні солі, патогенні мікроорганізми. Окисляє, розщеплює, не вдаючись до допомоги ґрунтових мікроорганізмів, які для більшості вищих рослин проводять первинну переробку «їжі». В науковій діяльності широко відомий ефект евтрофікації або доступ до чистої води міського (А) і сільського (Б) населення окремих регіонах (евтрофірування) річок та озер від дії забруднення їх вуглеводнями [19].

За таких умов різко гинуть кормові запаси (фітопланктон), риби та інші організми, потім рослинна маса, яка відмирає, інтенсивно поглинає із води кисневі запаси, водні запаси накопичують сірководень, що призводить до загибелі всього живого у воді, водойми стають непридатними до споживання води, а частина – кисень, водень – викидають в атмосферу на підтримку нашого життя. Зимівлю за температури нижче нуля градусів Ейхорнія не переживе, але можна її зберегти до весни, створивши їй відповідні умови в опалювальному приміщенні [19].

Ейхорнія товстоножкова – типовий представник класу вищих рослин, добре пристосовується до умов та здатна інтенсивно трансформувати органічні та неорганічні сполуки з водних розчинів. Водночас, концентруючись у великих кількостях, вона може ефективно мінералізувати детрит та контролювати чисельність мікроорганізмів. Перспективність культивування даного виду в очисних спорудах пояснюється також тим, що в процесі подібних методів очищення стічних вод утворюється надлишкова біомаса, яка нерідко є високпротейновим продуктом та може слугувати додатковим джерелом кормового білка. Застосування стічних вод як поживного середовища для отримання білкової біомаси економічно виправдано, тому що, з одного боку, допомагає вирішенню

проблеми боротьби із забрудненням довкілля, а з другого, – сприяє розширенню виробництва кормових ресурсів. Отже, представники виду ейхорнії можуть ефективно використовуватись у процесах біологічного очищення стічних вод, забруднених органічними та неорганічними сполуками, що здатні легко окиснюватись.

Рослини виду Ейхорнія товстоножкова успішно адаптувалися до умов Південного регіону, оскільки їхня фітомаса збільшувалася досить швидкими темпами, утворювалося до 8–15 дочірніх рослин за місяць. Найбільш активна вегетація рослин відбувалася у проточному режимі, де у водойму постійно надходила вода з підвищеною концентрацією інгредієнтів, серед яких було багато речовин органічного походження, що *E.crassipes* засвоює найкраще. У лабораторних установках періодичного очищення цих речовин дещо менше, однак більше солей калію, кальцію, магнію та інших елементів. Рослина Ейхорнія товстоножкова в цих умовах була яскраво-зеленого кольору, діаметр рослин сягав 35 см. Приріст рослин на одиницю розсади – 8–10 (таблиця 8).

Таблиця 8 Розвиток Ейхорнії товстоножкової за різних умов зростання

Показник	Умови зростання рослин	
	проточний режим	періодичний режим
Колір рослин	темно-зелений	яскраво-зелений
Висота надводної частини, см	34±5	27±7
Діаметр надводної частини, см	45±5	37±8
Довжина підводної частини, см	43±3	35±5
Площа листової пластинки, см ²	43±7	27±3
Швидкість розмноження, шт/міс	13±3	9±3
Вага рослини, г	230±30	190±30
Продуктивність біомаси, т/га	1250±400	900±300

Середньомісячний приріст фітомаси рослин Ейхорнії товстоножкової (рисунок 14) становить 39,2 г. Загальний приріст однієї рослини за 6 місяців складає 186–206 г. Максимальне значення місячного приросту становило 58 г у 6-місячних рослин та мінімальне – 27 г у 1-місячних рослин.

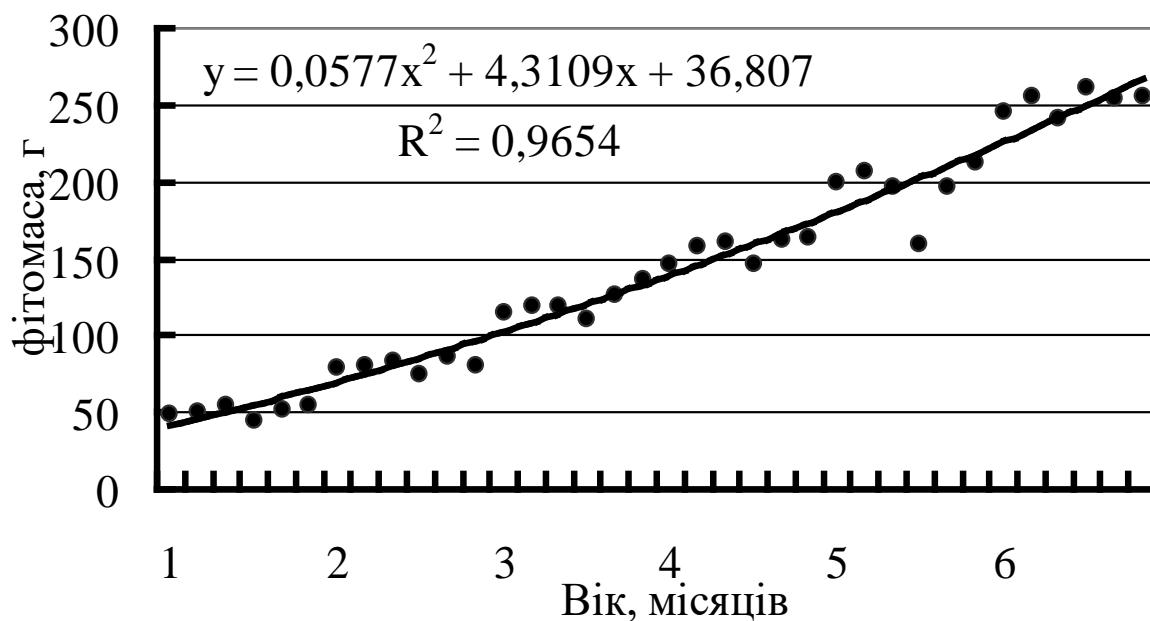


Рис. 14 – Приріст фітомаси (P, г) рослин Ейхорнії товстоножкової залежно від віку (t, місяців)

Склад зеленої маси Ейхорнії товстоножкової, що використовувалася для очищення стоків, в яку попали стічні води з ріки Інгулець характеризується досить високим вмістом вологи (94–88,9%). Вміст протеїнів – 27,89–10,60% і в перерахунку складає до 10–30 кг/т зеленої маси, азоту – до 20–35 кг/т, фосфору – до 17 кг/т. Зелена маса характеризується високим вмістом каротину – до 40 кг/т. Хімічний склад *E. crassipes*, що використовувалася у процесах очищення СВ (за умови, що у стоках не було важких металів, радіонуклідів) відповідає ДСТУ 4685:2006 «Корма трав'яні штучно висушені. Технічні умови».

Періодичне очищення. У період вегетації, нарощуючи зелену масу, *E. crassipes* видаляє з розчину численні інгредієнти, тому одночасно контролюється якість стічної води. Одним з основних показників у даній технології є динаміка очищення СВ, тобто здатність рослин у визначених умовах (температура стоків і повітря, тривалість дня, концентрація інгредієнтів) з визначеною швидкістю сорбувати інгредієнти з різних стоків за одиницю часу.

З підвищенням середньодобової температури повітря, а отже, і суми активних температур, інтенсивність вилучення інгредієнтів з водного розчину зростає та сягає максимуму у літні місяці – липень – серпень, мінімуму – у квітні. Сума активних температур визначалася за 7-денний період.

Найбільший показник вилучення хімічних сполук характерний для аміачного азоту – $61,9 \pm 4,2\%$, фосфатів – $52,2 \pm 4,2\%$, заліза – $48,7 \pm 3,1\%$, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) – $47,8 \pm 3,8\%$, сульфатів – $43,0 \pm 1,8\%$, завислих речовин (ЗР) – $40,4 \pm 4,1$, покращувалися показники хімічного споживання кисню (ХСК) – $39,5 \pm 4,1 \%$, біохімічного споживання кисню (БСК) – $45,9 \pm 4,9 \%$ (рисунок 15–17).

Аналіз даних показав, що між сумою активних температур та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою Ейхорнії товстоножкової за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах кореляції $r = 0,77-0,92$, які можна охарактеризувати як тісні та дуже тісні. Лише щодо вилучення хлоридів зв'язок при коефіцієнті кореляції $r = 0,69$ можна охарактеризувати як середній.

Таблиця 9 Склад рослинної маси Ейхорнії товстоножкової залежно від середовища існування та віку рослин, % від загальної маси

Показник	Середовище існування рослин Ейхорнії товстоножкової			
	Водойма, яка не забруднена стічними водами		Водойма, в яку скидували стічні води	
	молоді рослини	дорослі рослини	молоді рослини	дорослі рослини
Волога	$94,1 \pm 1,2$	$91,6 \pm 1,3$	$92,0 \pm 1,2$	$88,9 \pm 1,2$
Жир	$2,89 \pm 0,2$	$3,11 \pm 0,1$	$3,56 \pm 0,2$	$3,49 \pm 0,2$
Зольні елементи	$18,9 \pm 2,2$	$13,98 \pm 2,1$	$14,86 \pm 2,4$	$17,65 \pm 2,3$
Азот загальний	$1,77 \pm 0,3$	$2,65 \pm 0,6$	$4,14 \pm 0,8$	$4,46 \pm 0,7$
Протеїни	$10,60 \pm 1,1$	$16,85 \pm 1,5$	$26,85 \pm 1,2$	$27,89 \pm 1,5$
Вміст азотистих сполук	$35,9 \pm 1,2$	$20,2 \pm 1,1$	$21,5 \pm 1,5$	$23,3 \pm 1,4$
Клітковина	$20,01 \pm 2,1$	$21,9 \pm 2,2$	$23,59 \pm 2,3$	$28,32 \pm 2,1$
Кальцій	$0,12 \pm 0,05$	$0,49 \pm 0,04$	$0,53 \pm 0,05$	$0,20 \pm 0,03$
Фосфор	$0,78 \pm 0,1$	$0,51 \pm 0,2$	$0,69 \pm 0,2$	$0,72 \pm 0,2$
Каротин, мг/кг	$12,85 \pm 1,0$	$14,0 \pm 1,1$	$33,47 \pm 2,3$	$36,52 \pm 2,5$

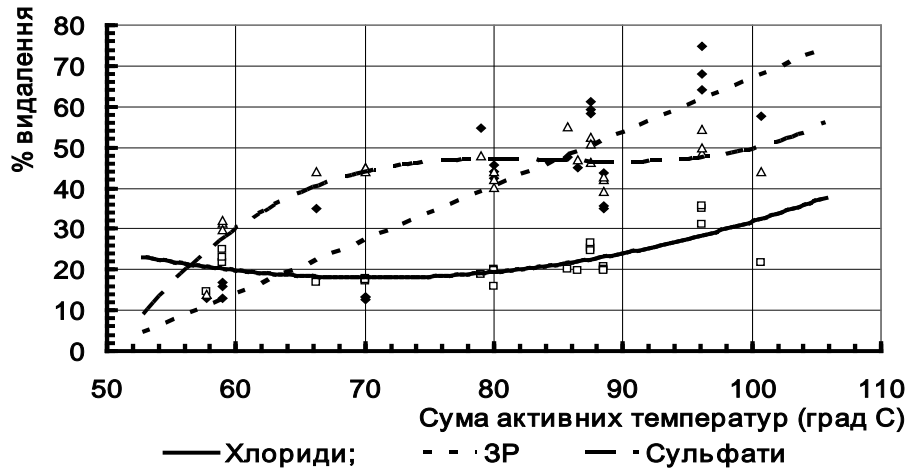


Рис. 15 Зв'язок інтенсивності поглинання хлоридів, зважених речовин та сульфатів із сумою активних температур (t)

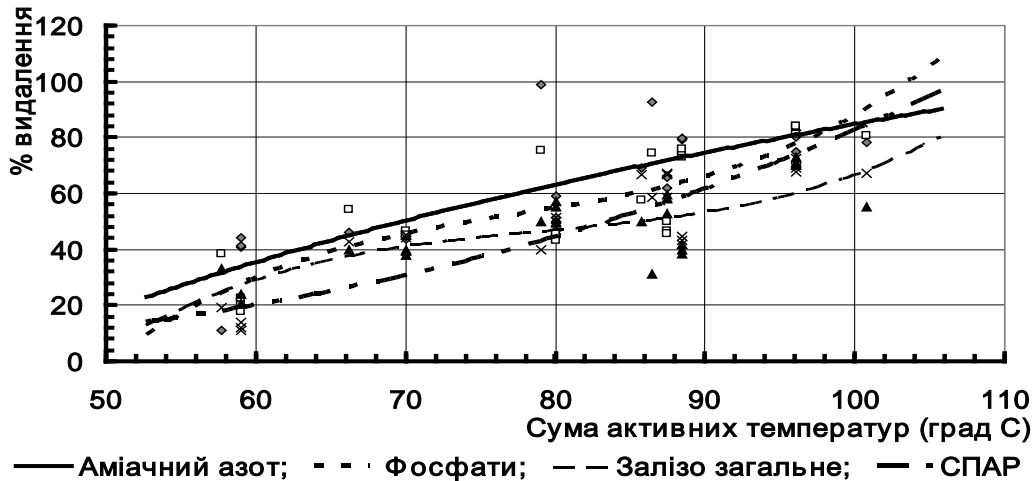


Рис. 16 Зв'язок інтенсивності поглинання аміачного азоту, фосфатів, заліза загального та СПАР із сумою активних температур (t)

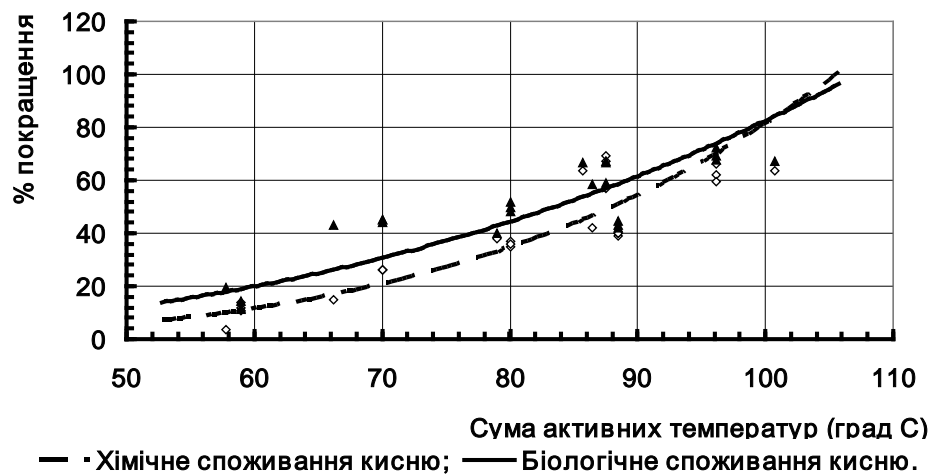


Рис. 17 Зв'язок інтенсивності зниження ХСК і БСК₅ із сумою активних температур (t)

З метою визначення оптимальної температури ведення процесу очищення СВ були проведені дослідження у мезофільних ($35\pm 2^\circ\text{C}$) та термофільних ($40\pm 2^\circ\text{C}$ та $45\pm 2^\circ\text{C}$) умовах. Як показали результати дослідів, у перші дві доби значення ХСК зменшується на 23–50% за добу, максимальне зменшення ХСК – до $1080\text{ мгО}_2/\text{л}$ – спостерігається на сьому добу від початку очищення (рисунок 18).

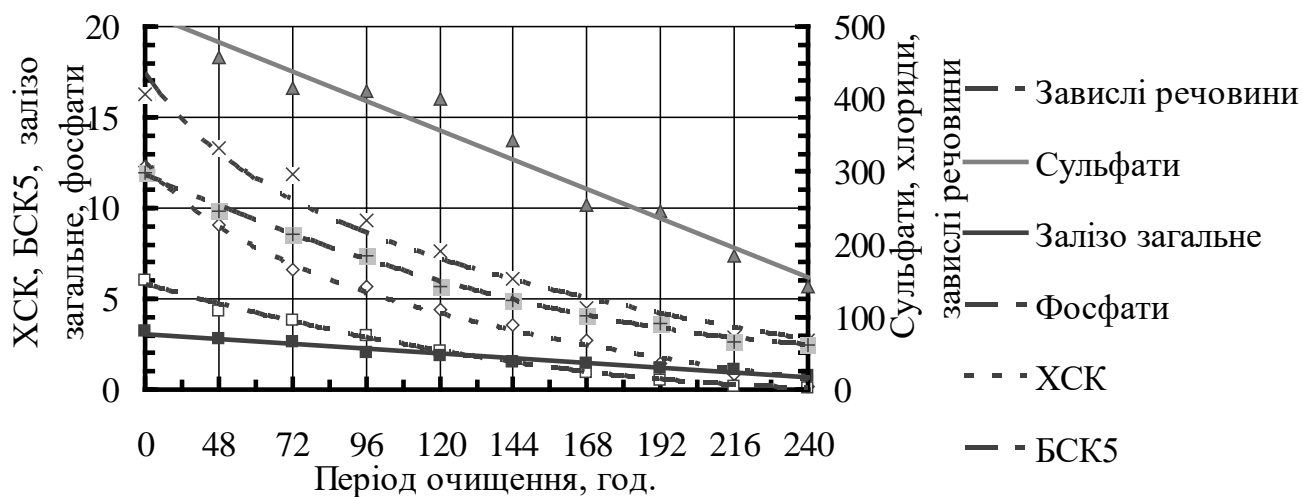


Рис. 18 Періодичне очищення СВ за температури $35\pm 2^\circ\text{C}$

Вже після 24 годин проходження процесу очищення спостерігається зниження БСК₅ на 16,7 %, максимум зниження припадає на 5, 6 та 7-у добу (28, 33 та 26,2 % відповідно). Інтенсивність поглинання фосфору зростає, починаючи з другої доби (0,038 мг/год.), і сягає максимуму на 3, 4 та 5-у добу (0,47, 0,41 та 0,42 відповідно), починаючи з 6 доби падає – 0,034 мг/год. Інтенсивність поглинання заліза загального з розчину на перші дві доби складає 0,029–0,033 мг/добу, після третьої – починає спадати. Коливання інтенсивності вилучення сульфатів з розчину незначне і знаходиться в межах 0,75–2,9 мг/год., максимум спостерігається на 4, 5 добу. Інтенсивність вилучення ЗР знаходиться на високому рівні вже з перших годин експерименту – 1,91 мг/год. і на 4–5-у добу знижується.

Між температурою водного середовища $35\pm 2^\circ\text{C}$ та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою Ейхорнії товстоножкової за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $r = 0,92\dots 0,98$, які можна охарактеризувати як дуже тісні (таблиця 10).

Таблиця 10 Математично-статистична оцінка залежностей інтенсивності вилучення хімічних сполук за температури СВ $35 \pm 2^\circ\text{C}$ за період часу (х, год)

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Похибка рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$90 < \text{ЗР} > 330$	0,92	$\text{ЗР} = -130,89 \ln(t) + 374,98$	12,8
Сульфати, мг/л	$90 < S > 400$	0,96	$S = 607,05 e^{-0,1718t}$	19,7
Фосфати, мг/л	$0 < P > 6$	0,96	$P = 0,05t^2 - 1,28t + 7,48$	0,34
Залізо заг., мг/л	$0 < \text{Fe} > 3$	0,92	$\text{Fe} = -1,22 \ln(t) + 2,57$	0,34
ХСК, $\text{мгO}_2/\text{л}$	$2 < \text{ХСК} > 12$	0,94	$\text{ХСК} = 11,87t^{-0,81}$	1,07
БСК ₅ , $\text{мгO}_2/\text{л}$	$1 < \text{БСК} > 16$	0,98	$\text{БСК} = 0,13t^2 - 3,15t + 19,32$	0,61

За температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (рис. 19) значення ХСК зменшується впродовж усього періоду очищення досить рівномірно: мінімальна інтенсивність поглинання спостерігається через 216–240 год. проходження експерименту – $0,26\text{--}0,27 \text{гO}_2 \cdot \text{год.}/\text{л}$, а максимальна – через 72 години – $0,103 \text{гO}_2 \cdot \text{год.}/\text{л}$.

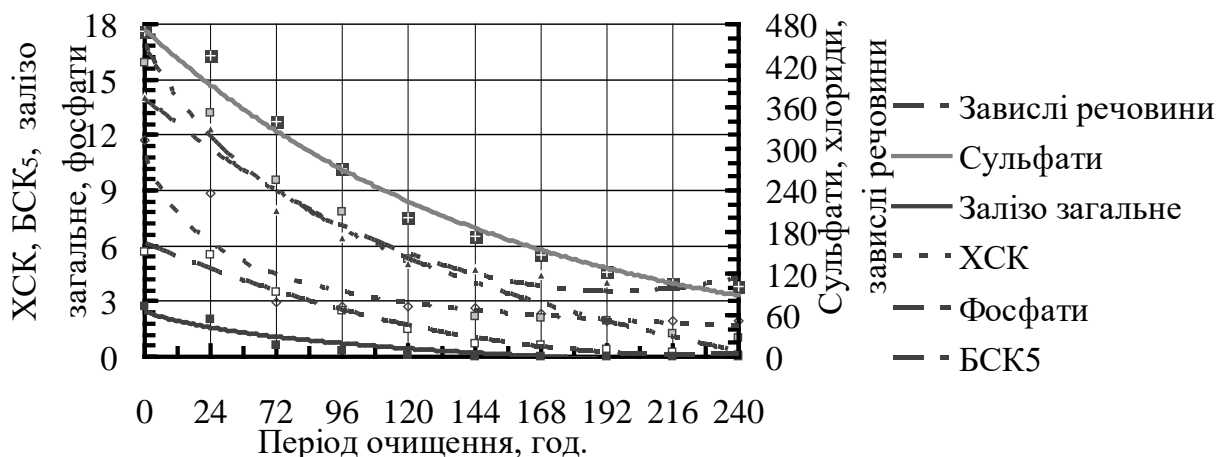


Рис. 19 – Періодичне очищення СВ за температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$

Інтенсивність зниження БСК₅ рівномірна, максимуму сягає у перші три доби – $0,050\text{--}0,075 \text{гO}_2 \cdot \text{год.}/\text{л}$. Інтенсивність поглинання фосфатів у перші шість діб – $0,020\text{--}0,037 \text{мг}/\text{год.}$, починаючи з сьомої доби інтенсивність повільно спадає,

мінімуму сягає через 216 годин – 0,005 мг/год. Інтенсивність вилучення заліза знаходиться в межах 0,005–0,025 мг/год протягом усього періоду проведення досліду. Вилучення сульфатів знаходиться на високому рівні протягом усього періоду – 1,09...1,96 мг/год., максимум спостерігається через 144 год. – 1,9–1,96 мг/год. Вилучення ЗР знаходиться в межах 0,21–1,75 мг/год. Дані досліджень з очищення СВ за температури $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ свідчать про те, що вилучення сполук відбувається нормально, чітких підйомів та спадів інтенсивності вилучення сполук не спостерігається.

Аналіз даних показав, що між температурою стічних вод $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою Ейхорнії товстоножкової за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $r=0,96\dots 0,98$, які можна охарактеризувати як дуже тісні (таблиця 11).

Таблиця 11 Математично-статистична оцінка залежностей інтенсивності вилучення хімічних сполук за температури СВ $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ за період часу (x, год.)

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Похибка рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$60 < ZP > 300$	0,98	$ZP = 360,03e^{-0,18t}$	9,04
Сульфати, мг/л	$140 < S > 515$	0,98	$S = -40,33t + 542,61$	17,85
Фосфати, мг/л	$0 < P > 6$	0,98	$P = 0,05t^2 - 1,25t + 6,96$	0,1
Залізо заг., мг/л	$0 < Fe > 4$	0,96	$Fe = 3,27 - 0,26t$	0,19
ХСК, мгО ₂ /л	$0 < ХСК > 13$	0,98	$ХСК = -5,23\text{Ln}(t) + 12,58$	0,47
БСК ₅ , мгО ₂ /л	$2 < БСК > 16$	0,98	$БСК = 21,17e^{-0,21t}$	0,7

За $45\pm 2^{\circ}\text{C}$ (рис. 7) різке зменшення кількості органічних забруднень – з 14 до 12,3 (0,071 гО₂·год./л) – спостерігається вже через 24 год. Подальше зменшення значення ХСК відбувається повільно – на 0,004-0,021 гО₂ год./л.

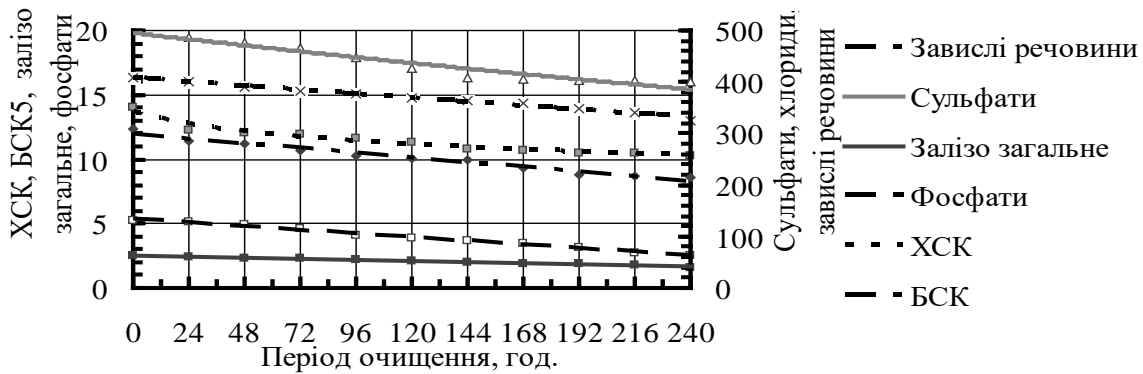


Рис. 20 – Періодичне очищення СВ за температури $45\pm 2^{\circ}\text{C}$

Зменшення BSK_5 та фосфатів відбувається повільно і становить $0,008\text{--}0,017 \text{ гO}_2 \cdot \text{год./л}$ за BSK , максимум вилучення фосфатів припадає на 72 годину – $0,016\text{--}0,018 \text{ мг/год}$, мінімум – у 1-у добу – $0,004 \text{ мг/год}$. Вилучення заліза відбувається також досить повільно і становить $0,001\text{--}0,008 \text{ мг/год}$. Зменшення сульфатів знаходиться на високому рівні до 144 годин проведення експерименту – $0,404\text{--}0,837 \text{ мг/год}$, далі інтенсивність поглинання падає до $0,121\text{--}0,046 \text{ мг/год}$. Поглинання ЗР сягає максимуму в перші 24 години – $1,0 \text{ мг/год.}$, а далі інтенсивність спадає.

Між температурою водного середовища $45\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою Ейхорнії товстоножкової за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $r = 0,90\text{...}0,98$, які можна охарактеризувати як дуже тісні (таблиця 12).

Таблиця 12 – Математично-статистична оцінка залежностей інтенсивності вилучення хімічних сполук за температури СВ $45\pm 2^{\circ}\text{C}$ за період часу (x, год.)

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Похибка рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$60 < \text{ЗР} > 300$	0,94	$\text{ЗР} = 306,91 - 9,02t$	4,12
Сульфати, мг/л	$140 < S > 515$	0,90	$S = 507,79e^{-0,02t}$	10,4
Фосфати, мг/л	$0 < P > 6$	0,98	$P = 5,62 - 0,28t$	0,91
Залізо заг., мг/л	$0 < \text{Fe} > 4$	0,96	$\text{Fe} = 2,60 - 0,09t$	0,06
ХСК, $\text{мгO}_2/\text{л}$	$0 < X > 13$	0,94	$\text{ХСК} = -1,44\text{Ln}(t) + 13,73$	2,23
BSK_5 , $\text{мгO}_2/\text{л}$	$2 < B > 16$	0,96	$\text{BSK} = 16,71e^{-0,02t}$	0,1

При порівнянні кінцевих значень основних показників забруднень стоків після очищення СВ у періодичному режимі за різних температурних умов було виявлено, що стоки очищені за температури 35 ± 2 °С, мають найвищі показники щодо зниження вмісту ХСК – 1940 мгО₂/л (для подальшого очищення СВ значення ХСК не повинно перевищувати 2000 мгО₂/л), БСК₅ – 1008 мг О₂/л (не більше 4000 мгО₂/л), фосфатів – 0,07 мг/л (за норми допустимих забруднень – 0,2 мг/л); заліза – 0,00 мг/л (за норми допустимих забруднень – 0,3 мг/л); сульфатів – 102,24 (за норми допустимих забруднень – 250 мг/л). Згідно з даними показниками стоки не потребують повторного оброблення.

Стоки, очищені за температури 40 ± 2 °С, за деякими показниками мають кращі результати, ніж за 35 ± 2 °С, насамперед, показник ХСК після очищення становить 190 мгО₂/л; дещо кращий показник очищення ЗР – 61,48 мг/л, однак такий показник, як вміст заліза, залишився в кількості 0,8 мг/л, за допустимої норми забруднення 0,3 мг/л, показники БСК₅ – 2680 мгО₂/л, сульфати – 142,40 мг/л та фосфати – 0,07 мг/л дещо нижчі, ніж при очищенні за 35 ± 2 °С, однак цілком відповідають допустимим нормам забруднення. У термофільному режимі (за 45 ± 2 °С) відбувається мінімальне видалення органічних речовин з води за максимальний час – значення ХСК знижується до 10300 мгО₂/л, БСК до 13000 мгО₂/л. Тому СВ очищені за 45 ± 2 °С, потребують повторного оброблення.

Вплив гідравлічного навантаження на ефект вилучення хімічних сполук зі стічних вод рослинами *E.crassipes* досліджено в лабораторних умовах. Проточне очищення СВ проводили за 35 ± 2 °С та концентрацією рослин *E.crassipes* – 19 г/л за сухими речовинами. Швидкість потоку рідини у біореакторі змінювали від 0,004 до 0,020 м³/м²·год. (рисунок 21).

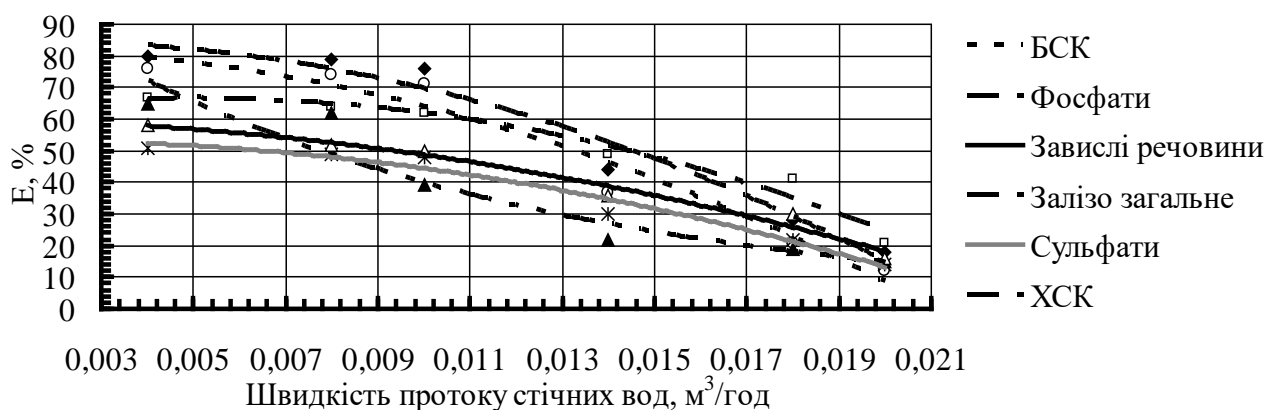


Рис. 21 – Вплив гідравлічного навантаження на ефект очищення розчинів

За швидкості потоку рідини у біофільтрі $0,004 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ величина навантаження на рослини становить $0,936 \text{ кг ХСК}/\text{м}^3$ за добу, а значення ХСК на виході з біофільтра становить $1872 \text{ мгО}_2/\text{л}$, при ХСК на вході – $11700 \text{ мгО}_2/\text{л}$. Ступінь очищення становить 80%. При підвищенні швидкості потоку стоків удвічі збільшується і кінцевий вміст органічних забруднень ($3931 \text{ мгО}_2/\text{л}$), а глибина очищення СВ становить 79%. Збільшення швидкості потоку до $0,10 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ призводить до меншої глибини очищення стоків – 76%, а при швидкості потоку $0,014, 0,018$ та $0,020 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ – до 44, 28 та 18 % відповідно.

За швидкості потоку рідини у біофільтрі $0,004 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ величина навантаження становить $1,27 \text{ кг БСК}_5/\text{м}^3$ за добу, а значення БСК₅ стічних вод на виході з біофільтра становить $3052 \text{ мгО}_2/\text{л}$, при БСК₅ на вході – $15900 \text{ мгО}_2/\text{л}$. Ступінь очищення – 76%. При підвищенні швидкості потоку стоків удвічі та збільшенні навантаження на рослини до $2,544 \text{ кг БСК}_5/\text{м}^3$ за добу збільшується і кінцевий вміст органічних забруднень – до $6614 \text{ мгО}_2/\text{л}$, а глибина очищення СВ – 74%. Збільшення швидкості потоку до $0,10 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ призводить до меншої глибини очищення стоків – 71%.

Результати досліджень проточного процесу очищення показали, що за показником фосфатів швидкість потоку СВ повинна бути у межах $0,004$ – $0,008$, ефект очищення за такої умови становить 65–62% відповідно. За підвищення швидкості потоку до $0,01$ – $0,02 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ ефект очищення падає до 39–15%.

Зниження кількості сульфатів відбувається досить повільно. Так, при $D = 0,004 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ навантаження по сульфатах становить $37,52 \text{ кг}/\text{м}^3$, водночас ефект очищення становить 51%, при підвищенні швидкості потоку рідини до $0,008$ – $0,01 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ ефект очищення знижується несуттєво – лише на 2–3 %. За подальшого підвищення швидкості потоку розчину до $0,018$ – $0,020 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ ефект очищення знижується (22 та 14 %).

За швидкості потоку рідини у біофільтрі $0,004 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ величина навантаження на біофільтр за залізом загальним становить $0,216 \text{ кг}/\text{м}^3$ за добу, а значення на виході з біофільтру становить $0,07 \text{ мг}/\text{л}$ при значенні на вході $0,27 \text{ мг}/\text{л}$. Ступінь очищення становить 67%. За підвищення швидкості потоку вдвічі глибина очищення СВ становить 64%. Збільшення швидкості потоку до $0,10 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ призводить до меншої глибини очищення стоків – 62%.

За швидкості потоку рідини в біофільтрі $0,004 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ величина навантаження на рослини ейхорнії становить $29,92 \text{ кг ЗР}/\text{м}^3$ за добу, а значення ЗР стічних вод на виході з біофільтра становить $12,56 \text{ мг}/\text{л}$ за ЗР на вході $37,4 \text{ мгО}_2/\text{л}$. Ступінь очищення становить 58% . При підвищенні швидкості потоку стоків удвічі глибина очищення СВ спадає до 52% . Збільшення швидкості потоку до $0,10 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ призводить до меншої глибини очищення стоків – 50% .

Між швидкістю потоку рідини та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою Ейхорнії товстоножкової за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $R = 0,94\dots 0,96$ (дуже тісні) (дивись таблицю 13).

Таблиця 13 Математико-статистична оцінка даних зв'язку швидкості потоку рідини у біофільтрі та інтенсивності вилучення хімічних сполук із стічних вод

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Похибка рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$10 < ZP > 60$	0,96	$ZP = -9,50s^2 - 196,51s + 60,18$	2,5
Сульфати, мг/л	$10 < S > 60$	0,96	$S = -11,30s^2 + 272,80s + 53,03$	2,7
Фосфати, мг/л	$10 < P > 70$	0,92	$P = 107,48e^{-99,39s}$	6,4
Залізо заг., мг/л	$10 < Fe > 60$	0,96	$Fe = -18,43s^2 + 1814,5s + 62,0$	3,3
ХСК, мгО ₂ /л	$10 < X > 80$	0,96	$XCK = -0,03s^2 + 547,30s + 84,15$	4,8
БСК ₅ , мгО ₂ /л	$10 < B > 80$	0,94	$BCK = -18,47s^2 + 1,69s + 82,36$	5,9

Таким чином, для отримання максимальної глибини очищення стоку, швидкість потоку рідини в біофільтрі не повинна перевищувати $0,004 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$. Однак для виробництва така швидкість є замалою. За незначного збільшення швидкості потоку води до $0,008 - 0,01 \text{ м}^3/\text{год}\cdot\text{м}^2$ якість очищення відрізняється лише на $1-5\%$. Тому, вона є оптимальною за даних умов.

2.13 Визначення впливу кількості біомаси Ейхорнії товстоножкової на ефект очищення модельних розчинів

Для виявлення можливості застосування очищення СВ процес проводили у періодичному режимі впродовж 120 год за різної концентрації рослин Ейхорнії (від 6 до 12 г/л за сухою речовиною).

Як показали результати досліджень, за концентрації рослин 12 г/л, порівняно з початковою 6 г/л та 8 г/л було досягнуто більшого ступеня очищення стоків від ЗР – на 25,7 та 7,4%, амонійного азоту на – 47,5 та 13,7%, фосфатів – на 46,1 та 15,4%, сульфатів – на 16,2 та 9%, хлоридів – на 5,6 та 1,8%, заліза – на 2,8 та 0,5% відповідно. Вміст органічних забруднень в очищеній воді за концентрації рослин 12 г/л зменшився ще на 17,7% за ХСК і на 18,3% за БСК.



Рис. 22 Загальний вигляд Ейхорнії; 1 – до очищення; 2 – після очищення водою

Важкі метали відносять до числа найбільш небезпечних для природного середовища хімічних забруднювальних речовин. Відомо, що мідь, свинець,

кадмій, цинк є небезпечними токсичними металами. Надлишок міді в організмі людини та інших теплокровних тварин призводить до змін у тканинах нирок, печінки і мозку [1]. Іони свинцю та його сполуки гальмують синтез порфірину, викликають порушення функцій центральної і периферичної нервової системи. Розчинні з'єднання кадмію денатурують білки, що містяться в стінках травного каналу. Надходячи в кров, іони кадмію з'єднуються з сульфгідрильними групами ферментів, порушуючи їх функції [2]. Токсичність цинку не так велика, і він не акумулюється, а виводиться організмом, прийом всередину сполук цинку може викликати гостре отруєння. Основним джерелом надходження в організм іонів міді, свинцю, кадмію та цинку є вода, водночас вміст важких металів у стічних водах в останні роки зростає [3]. Існують різні способи очищення вод, зокрема, і від важких металів [3]: механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні, але тільки комплексне використання всіх методів дозволить зробити цей процес не тільки ефективним, але й більш економним і екологічним.

Для біоремедіації очищення і доочищення стічних вод нині широко використовуються водні макрофіти, а в Росії одним з перших у промислових умовах апробований і застосовується водний гіацинт (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) [4]. Зазначені рослини ефективно очищають водойми, занесені в список мертвих або знаходяться на межі вимирання, малі річки, стоки, відстійники промислового, господарсько-побутового та іншого походження; помітно знижують у стоках вміст більшості елементів і вже за тиждень повністю усувають неприємний запах [4]. Ейхорнія, як і більшість вищих водних рослин, здатна в значних кількостях накопичувати в собі важкі метали (ТМ) (свинець, ртуть, мідь, кадмій, нікель, кобальт, олово, марганець, залізо, цинк, хром), а також радіонукліди і таким чином вилучати дані метали з води, роблячи її придатною для використання [4–6].

Метою даної роботи було вивчення споживання ряду важких металів (мідь, свинець, кадмій і цинк) рослинами водного гіацинта в лабораторних умовах.

Матеріали та методи

Для вивчення якості очищення води від важких металів рослинами водного гіацинта була створена модельна штучна екосистема. В якості поживного

субстрату для рослин використовувалася тала снігова вода, в яку додатково вводили солі важких металів до розрахункового рівня при збереженні нейтрального значення кислотності. Висадка рослин проводилася з розрахунку: одна доросла рослина на літр води, що очищається, покриття водної поверхні становило 75%. Освітлення модельних систем проводилося лампами розжарювання (3 500 Лк) при 12-годинному світловому дні. Температура води в експериментах +22...24°C, навколишнього повітря +24...26°C. В якості контролю було використано варіант без рослин зі сніговою водою з додаванням солей важких металів за тих самих умов, що і досліджувані варіанти. У міру споживання води гіацинтом і випаровування з поверхні в дослідних і контрольних посудинах проводився долив дистильованої води до початкового рівня.

1. Найбільш ефективними, простими і недорогими у виконанні методами є ботанічні (біологічні) методи, основу яких становить використання водних рослин, зокрема, ейхорнії (водного гіацинта).

2. Натренована до окремого токсиканту рослина приймає стійкий характер по відношенню до даного токсиканту й у наступних поколіннях рослини (не менше 5-ї вегетації). Тренування рослини за конкретним стоком дозволяє пристосовувати стійкість наступних поколінь рослини до даного стоку.

3. Показано, що ейхорнія очищає водойми від шкідливих бактерій, органічних забруднень, нітратів, фосфатів, сульфідів, фенолів, нафтопродуктів, аміаку та інших токсикантів. Ефективність очищення залежить від кількості рослин на одиницю площі водної поверхні і температурного режиму.

4. Попереднє тренування ейхорнії в процесі її вегетації можна проводити на стоці, підлягає очищенню розбавивши його чистою водою у співвідношенні 1: 4, 1: 2, 1: 1. Починають тренування з використанням найбільш розведеного стоку (1: 4).

5. Подані нижче результати підтверджують підвищення ефективності очищення стоків і води водойм ейхорнією, можливість збільшення допустимого рівня вмісту токсикантів у воді, що очищується, наприклад, по іонах амонію більше, ніж удвічі, і розширення діапазону температури стоків, що очищаються, нижче 15°C (до 5°C) і вище 35°C (до 45°C). Процес очищення води спрощується

завдяки посадці нових рослин замість зів'ялих, знижується необхідна маса рослин.

6. Приклад 1. За прототип беруть приготований стік води, що містить нафтопродукти в кількості 15 мг/дм^3 (допустимо до 25 мг/дм^3), іони амонію [4] 100 мг/дм^3 (допустимо до 60 мг/дм^3), фосфати – 5 мг/дм^3 (допустимо до 18 мг/дм^3). Сток з температурою $20 \pm 3^\circ\text{C}$ поміщають у п'ятилітрову ємність і покривають 80% водної поверхні посаженої ейхорнії. Через 5 діб листя рослин почало засихати, вегетація припинилася. Через 7 діб залишковий вміст нафтопродуктів склав $2,5 \text{ мг/дм}^3$, іонів амонію – 65 мг/дм^3 , фосфати були відсутні. Через 10 діб половина листя рослин відмерла.

7. Приклад 2. За запропонованим способом проводять тренування рослини спочатку протягом 10 діб при вмісті іонів амонію 20 мг/дм^3 , потім 20 днів при утриманні 40 мг/дм^3 . Концентрацію іонів амонію підтримують приблизно постійною, додаючи періодично більш концентрований розчин аміаку. Рослину підгодовують розчином гною. Через 30 днів приріст нових рослин склав 10...12 штук від кожного зразка ейхорнії. Після тренування рослини посадили у воду, що очищається аналогічно прикладу 1. Після 7 діб очищення рослини були яскравого, темно-зеленого кольору, продовжували вегетувати. Залишкова концентрація домішок у воді становила для нафтопродуктів – $2,0 \text{ мг/дм}^3$, іонів амонію – 13 мг/дм^3 , фосфати були відсутні.

8. Приклад 3. За запропонованим способом в умовах прикладу 2 при збільшенні початкового вмісту іонів амонію у воді, що очищується, до 150 мг/дм^3 через 7 діб рослини добре вегетували (за 30 діб приріст склав 8...10 штук на одну рослину), залишковий вміст у воді нафтопродуктів склав $2,2 \text{ мг/дм}^3$, іонів амонію – 21 мг / дм^3 .

9. Приклад 4. За прикладом 3 додатково на другій стадії тренування вводять іони Cu^{++} в кількості 5 мг/дм^3 . Після 7 діб очищення води нафтопродуктів, іонів амонію і фосфатів виявлено не було. Рослини добре вегетували, мали рівномірний яскравий зелений колір.

10. Приклад 5. За прикладом 2, але тренування ейхорнії проводять на розбавленому стоці, що підлягає очищенню. Першу стадію тренування ведуть на

стоці, розбавленому дистильованою водою у співвідношенні 1:4, другу стадію – 1:2. Рослини добре вегетували, мали яскравий, рівномірний зелений колір. Після 7 діб очищення стоку залишкова концентрація склала по нафтопродуктах – 0,5 мг/дм³, іонів амонію – 1,1 мг/дм³, а фосфати повністю були відсутні.

11. Приклад 6. За прикладом 5, але температура води, що очищається, змінюється від 5 до 15°C, а вологість від 30 до 70% отн. У процесі очищення води барботіровало підігрітим повітрям з температурою 50±5°C. Після 7 діб очищення нафтопродуктів, іонів амонію і фосфатів у воді не виявлено. Рослини добре вегетували, а листя мало яскраве рівномірне зелене забарвлення. Рослини тренують доти, поки вони не будуть в'янути при посадці їх у воду, що очищається протягом 5–6 діб.

12. Спосіб очищення стоків і води водойм від токсикантів з використанням рослини ейхорнії, що відрізняється тим, що до очищення води спочатку визначають токсикант, що лімітує процес очищення, а потім до посадки у воду, що очищається, рослину ейхорнію переміщують у розчин токсиканту, який вводять малими дозами з додаванням стимулятора росту рослини і/або каталізатора окислення, що лімітує токсиканти, причому очищення ведуть у стані спокою води, руху або барботажа водяною парою і/або повітрям з температурою від 2 до 50°C

У ріках й інших водоймах відбувається природний процес самоочищення води. Проте він протікає поволі. Доки промислово-побутові скиди були незначні, ріки самі справлялися з ними.

Більшість екологів сьогодні схильні до думки, що Дніпро — це мертва ріка.

Кожна велика ріка – жива екосистема, яка має здатність до самоочищення. Вона здатна позбуватися природним способом від надлишків забруднення. Дніпро не вмирає, він де-факто мертвий, оскільки втратив здатність до самоочищення.

Забруднена від них вода, яка надходить у біологічні озера, має підвищений вміст нітратів, важких металів, нафтових сполук та інших шкідливих речовин, що поглинаються рослинами та потрапляють у харчовий ланцюг на стіл людини [2]. Відомо, що очерет має високі адаптивні властивості і здатний проростати в дуже забруднених промисловими стічними водами водоймах. Установлено, що очерет

здатний видаляти з води такі сполуки, як феноли, нафтоли, аніліни та інші органічні речовини. Питоме поглинання мінеральних речовин досягає (на 1 г сухої маси): кальцію – 3,95, калію – 10,3, натрію – 6,3, кремнію – 12,6, цинку – 50, марганцю – 1200, бору – 14,6. У роботі було оцінено здатність трьох видів вищих водних рослин (комиш, очерет і рогіз) видаляти із забруднених вод азот і знижувати БСК. При середній концентрації амонію у стоках 24,7 мг/л, після очищення з використанням ВВР його концентрація становила: для очерету – 5,3, для рогозу – 17,7 мг/л [4], [6], [7].

Вивчення енергозберігальних технологій водної тропічної рослини Ейхорнії товстоножкової до очищення лляльних, стічних вод від вуглеводнів, фенолів, сульфатів, фосфатів, хлоридів, нітратів, які потрапляють із суден та різних об'єктів господарської діяльності, та є загрозою для всього навколишнього середовища в південній частині України.

Для проведення дослідження нами було взято водну поверхню в 25 га, де було систематичне викидання стоків від суден та промислових підприємств у р. Дніпро. Для очищення води у водоймі була взята Ейхорнія, водяний гіацинт (*Eichornia crassipes*, раніше *E. speciosa*), багаторічна трав'яниста водна рослина родини понтедерієві. Ранньою весною в даній водоймі були взяті аналізи води, дані наведені у таблиці 14.

Таблиця 14 Вміст забруднювальних речовин у водоймі ранньою весною до відстоювання

Зважені речовини, мг/л	1100
Біологічне споживання кисню, мг O ₂ /л	850
Хімічне споживання кисню, мг O ₂ /л	1200
Амонійний азот, мг/л	130

Згідно з варіантом дослідження відбулося відстоювання води у відстійнику протягом місяця, після чого були взяті проби води та визначений вміст забруднювальних речовин, які були присутні у воді (таблиця 14). Вміст речовин у воді (після відстоювання) значно знизився, амонійний азот – 125, нітрати –

3,85 мг/л. Потім в цю водну ділянку було висаджено ейхорнію, яка росла там протягом усього періоду досліджень. Проводились аналізи води на різних періодах розвитку рослини Ейхорнії товстоножкової. Стан рослини під час очищення стоків змінювався залежно від багатьох факторів – як концентрації різних інгредієнтів, температури води і повітря, кисневої забезпеченості, освітленості.

Таблиця 15 – Визначення показників забруднювальних речовин у воді залежно від різних способів очищення

Контрольний показник води	До очищення водойми (після відстоювання)	Після очищення води досліджувальними рослинами		
		Очерет	Рогіз	Ейхорнія
ХПК, мгО ₂ /л	30,3	13,4	9,4	7,0
БПК, мгО ₂ /л	12,6	10,4	6,8	5,4
Жорсткість, мг-екв/л	2,6	2,3	2,1	2,0
Хлориди, мг/л	23,6	21,3	19,7	12,5
Сульфати, мг/л	77,0	50,2	45,4	39,1
Фосфати, мг/л	1,2	0,9	0,6	0,3
Нітрати, мг/л	4,1	3,8	2,6	0,25
Амонійний азот мг/л	5,0	4,6	3,6	0,96
Звішені, мг/л	220,0	178,6	57,8	39,0
Сухий залишок, мг/л	420,5	367,4	145,9	10,4

Дані таблиці 15 свідчать про те, що вміст забруднювальних речовин у воді

із застосуванням водної тропічної рослини ейхорнії знизився порівняно з варіантом до очищення водойми (після відстоювання), так згідно з цим хлориди після відстоювання води становили 23,6, після очищення води ейхорнією вони знизились на 12,5 мг/л, сульфати до очищення – 77,0, – після очищення – 39,1 мг/л.

Тому можна сказати, що дана рослина знижувала вміст амонійного азоту у воді після рогозу з 3,6 до 0,96 мг/л, нітратів – 2,6–0,25 мг/л.

Таблиця 16 Результати аналізів рослинних зразків Ейхорнії товстоножкової в сухій речовині по періодах відбору. 2011–2018рр.

Показники якості біологічних зразків	Строки відбору зразків рослин		
	початок травня	початок липня	початок серпня
Вологість, %	25,0	26,3	2,0
Сирий протеїн, %	34,7	35,98	30,83
Фосфор, %	1,32	1,39	1,12
Кальцій, %	1,63	1,72	1,71
Сира зола, %	20,12	21,10	19,76
Мінеральні домішки, нерозчинні в HCl, %	1,02	2,60	2,30
Каротин, мг/кг	11,46	22,70	60,02
Сира клітковина, %	7,91	12,26	13,34
Нітрати, мг/кг	87,30	81,90	69,30
Сирий жир, %	1,73	1,70	1,47

Після вегетації рослин проводилося дослідження біологічних зразків ейхорнії, попередньо висушеної до сухого стану – результати аналізів подані в таблиці 16. Вміст речовин у рослині визначався на суху речовину, як показали результати аналізів – нітрати склали на першому місяці віку рослин – 87,30, другому – 81,90, третьому – 69,30 мг / кг, сира клітковина – 7,91,– 12,26, – 13,34 %.

Якість води регулюється не тільки завдяки фільтраційним властивостям ВВР, але і їхній здатності поглинати біогенні елементи. Причому глибина занурення ВВР і концентрація споживання елементів істотно впливають на інтенсивність поглинання органічних і мінеральних речовин. У результаті сорбції біогенних речовин і насичення води водойми розчиненим киснем, що виділяють ВВР у процесі життєдіяльності, мікрофіти дозволяють запобігати масовому розвитку синьо-зелених водоростей і боротися з «цвітінням води», що кожного року відбувається в р. Дніпро. Коренева система ВВР виділяє речовини бактерицидної дії-фітонциди, у результаті чого відбувається знезаражування водойми завдяки зниженню кількості сапрофітних бактерій у стоках. ВВР здатні здійснювати детоксикацію різних шкідливих речовин, що скидаються у водойми. Вони поглинають пестициди – ДДТ, севін, атразін.

Таким чином, на підставі вище виконаного аналізу біологічного очищення вод за допомогою ВВР можна зробити наступні висновки:

- метод може бути використаний як компонент комплексної системи очищення, включаючи фізичні, хімічні, фізико-хімічні методи;
- метод в екологічному відношенні відповідає критеріям безвідходності технології.

У промислово розвинутих країнах методи біологічного очищення вод вже допомогли вирішити глобальні проблеми по збереженню природних запасів без застосування різних хімічних речовин для доочищення та знезараження вод водночас [18].

Тому нами було поставлено завдання по збереженню Ейхорнії товстоножкової під час зниження температурного режиму води при досягненні температури води + 10...5°C у період за несприятливих температур для її росту, рослини вилучають з водойми для очищення стоків і зберігають у додатковій водоймі в умовах температур +10...5°C з підведенням освітлення, яке може бути від люмінесцентних ламп і (або) до світлодіодних ламп у межах від 150–250 Вт/м², а при настанні зовнішньої температури води +10...5°C рослини висаджують у водойму для очищення стоків без тренування на токсичні речовини в ній.

Винайдена корисна модель відноситься до сфери гідроботанічного очищення промислових або побутових стічних вод з використанням водної рослини Ейхорнія в кліматичних умовах широт з позитивними температурами.

Відомий патент

Винахід відноситься до сфери очищення господарсько-побутових, комунальних та промислових стічних вод з використанням водної рослини *Eichornia crassipes* (Water hyacinth) – представника вищої водної рослинності в якості завантаження штучних або природних гідро ботанічних ділянок у кліматичних умовах середніх широт.

Традиційно застосовувані способи не завжди придатні для природних, декоративних і купальних водойм через значні витрати, недостатнього наближення стічних вод до природної якості і тим самим не повного зниження шкідливого впливу цих вод на навколишнє середовище, що веде до погіршення мікробіоценозу водойми і берегів.

Недоліками відомих способів є те, що в них не розглядається пристосовування (адаптація) до навколишнього робочого середовища, а також збереження рослин у холодний (особливо осінньо-зимовий) період в умовах середніх широт, що призводить до повної втрати життєздатності водних рослин.

Відомий спосіб очищення води, запобігання забрудненню водних об'єктів стоками, що включає висаджування рослин на водовідвідних об'єктах (див. RU 2137884, E 03 F 1/00, 1999 р.).

Відомий метод очищення забрудненої води, що включає застосування решіток з рослинами в об'ємі вод для її очищення (див. RU 2155721, C 02 F 3/30, 2000 р.).

Серед таких рослин, що мають різну здатність перероблення забруднювальних домішок води, можуть бути названі ряска, водяний шпинат, вольфія, багатокорінник, рогіз, очерет і інші. Найбільш ефективні в боротьбі із забрудненнями водойм рослини, що швидко розвиваються кореневою і вегетативною масою, зокрема, підгрупа рослин, що плавають на поверхні. Ейхорнія є представником цієї групи. За багатьма порівняльними даними

вегетаційна продуктивність ейхорнії вища, ніж у інших рослин, практично всі водні рослини істотно поступаються в цьому ейхорнії.

Найбільш близьким аналогом по технічному рішенню є спосіб вирощування ейхорнії при гідроботанічному доочищенні забруднених вод, що включає підготовку для застосування ейхорнії як завантаження живильного розчину (RU № 2193532, С 02 F 3/32, 2002 р.).

Завданням патентного винаходу є створення і підтримка умов для забезпечення можливостей ведення очищення забруднених вод гідроботанічним способом з використанням властивостей і здатності рослини Ейхорнії товстоножкової в умовах середніх широт.

Технічний результат полягає в посиленні процесу деструкції органічних і неокиснених мінеральних сполук, що містяться в забруднених водах, наприклад, сірководню, аміаку, нітритів, флокулянтів і т.д. мікроорганізмами завдяки створенню кореневою системою рослини сприятливих сезонних умов існування мікробіоценозів.

Водночас установлюється цикл, в якому витягнуті речовини здебільшого поглинаються і перетворюються в стійкі рослинні клітини. Інтенсивність розмноження і зростання рослин збільшують потребу в харчуванні для них, і, отже, підвищується споживання рослинами різних домішок з водних середовищ. Для процесу вегетації ейхорнії, отже, для ведення очищення вод для рослин потрібні умови, сприятливі як для адаптації рослин, так і для їх життєдіяльності протягом усього періоду культивування.

Великий вплив на повноту і ступінь доочищення має також і величина контакту рослин з водою. З цієї причини культивування ейхорнії для біодеструкції забруднювальних речовин оптимально проводити при максимальному контакті рослин в обсягах гідроботанічних зон із забезпеченням оптимальних кількостей рослин.

Основні вимоги, які необхідно забезпечити:

- температура води не менше 19°C, з можливим, але не бажаним короткостроковим зниженням до +16°C, найкраща температура від 22°C;

- температура повітря в межах від +18°C; низькі температури викликають тимчасове завмирання мікроорганізмів, цим і пояснюється їх деяка (до 1 доби) стійкість до короткострокового зниження температури, для більшості бактерій, які беруть участь у процесі перероблення, оптимальною є температура 22–27°C, взимку можливо трохи нижча;

- верхня межа температур +40°C; температура вище +40°C може викликати незворотні зміни в колоїдному стані плазми (зміна структури ферментів і порушення біоактивності, тобто початок температурного інтервалу, можливості згортання крохмалю та білків);

- вміст поживних для рослин речовин в об'ємі вод;

- достатній ступінь освітленості (водний гіацинт дуже світлолюбний), при нестачі природнього освітлення застосовують спеціальні лампи, де достатній рівень освітленості по спектру і інтенсивності може бути забезпечений застосуванням, наприклад, ламп переважно синього і червоного ділянок спектра і потужністю не менше 150Вт/м², світильників відповідних модифікацій для теплиць, наприклад, ЖСПЗ6-600-002У5.

Зазначений технічний результат досягається способом гідроботанічного очищення забруднених водних середовищ у кліматичних умовах середніх широт, що включає застосування ейхорнії в якості рослини, що плаває в живильному розчині і завантаженням гідроботанічної зони, використання в якості поживного розчину гідроботанічних зон стічних або господарсько-побутових, або промислових вод, вегетацію ейхорнії в гідроботанічній зоні при температурі навколишнього повітря і води не менше 19°C з природним або штучним освітленням і біодеструкцію забруднювальних речовин у гідроботанічній зоні завдяки тому, що вегетацію ейхорнії і біодеструкцію забруднювальних речовин проводять у водних об'ємах гідроботанічної зони глибиною не більше 0,75 м, при концентрації початкового вмісту забруднювальних домішок і забруднювальних речовин – амонійного азоту не більше 120 мг/л, фосфатів не більше 50 мг/л, заліза не більше 25 мг/л, ПАР не більше 15 мг/л, сульфатів не більше 160 мг/л, нафтопродуктів не більше 60 мг/л, фенолів не більше 350 мг/л, за біологічної потреби в кисні водного середовища не більше 1000 мгО²/л, хімічної потреби в

кисні водного середовища не більш як 2200 мгО²/л, з рН в межах 5–9, а при досягненні гранично допустимої концентрації забруднювальних речовин у воді після гідроботанічної зони проводять сколочування мулових відкладень без випуску води в межах досяжності коренів ейхорнії без випуску води. А також завдяки тому, що глибину гідроботанічних зон водяних об'ємів забезпечують рухомими або стаціонарними обмежувачами глибини на ділянках культивованих рослин. Для процесу вегетації ейхорнії і, отже, для ведення очищення вод для рослин потрібні умови, сприятливі як для адаптації рослин, так і їх життєдіяльності протягом усього періоду культивування.

Великий вплив на повноту і ступінь доочищення має також і величина контакту рослин з водою. З цієї причини культивування ейхорнії для біодеструкції забруднювальних речовин оптимально проводити при максимальному контакті рослин в обсягах гідроботанічних зон із забезпеченням оптимальної кількості рослин.

Основні вимоги, які необхідно забезпечити:

- температура води не менше 19°C з можливим, але не бажаним короткостроковим зниженням до +16°C, найкраща температура від 22°C;

- температура повітря в межах від +18°C; низькі температури викликають тимчасове заціпеніння мікроорганізмів, цим і пояснюється їх деяка (до 1 доби) стійкість до короткострокових знижень температури для більшості бактерій, які беруть участь у процесі перероблення, оптимальною є температура 22–27°C, взимку можливо трохи нижча;

- верхня межа температури +40°C; температура вище +40°C може викликати незворотні зміни в колоїдному стані плазми (зміна структури ферментів і порушення біоактивності, тобто початок температурного інтервалу, можливості згортання крохмалю та білків);

- вміст поживних для рослин речовин в об'ємі вод;

- достатній ступінь освітленості (водний гіацинт дуже світлолюбний), при нестачі природного освітлення застосовні спеціальні лампи, де достатній рівень освітленості по спектру і інтенсивності може бути забезпечений застосуванням, наприклад, ламп переважно синього і червоного ділянок спектра і потужністю не

менше 150 Вт/м², світильників відповідних модифікацій для теплиць, наприклад ЖСПЗ6-600-002У5.

Зазначений технічний результат досягається способом гідроботанічного очищення забруднених водних середовищ в кліматичних умовах середніх широт, що включає застосування рослин ейхорнії як плаваючої в живильному розчині в завантажених гідроботанічних зонах, використання в якості поживного розчину в гідроботанічних зонах стічних, або господарсько-побутових, або промислових вод, вегетацію ейхорнії в гідроботанічній зоні при температурі навколишнього повітря і води не менше 19°C з природним або штучним освітленням і біодеструкцією забруднюючих речовин в гідроботанічній зоні за рахунок того, що вегетацію ейхорнії і біодеструкцію забруднюючих речовин проводять у водних обсягах гідроботанічних зон з глибиною не більше 0,75 м, при концентрації початкового вмісту забруднюючих домішок і забруднюючих речовин – амонійного азоту не більше 120 мг/л, фосфатів не більше 50 мг/л, заліза не більше 25 мг/л, ПАР не більше 15 мг/л, сульфатів не більше 160 мг/л, нафтопродуктів не більше 60 мг/л, фенолів не більше 350 мг/л, за біологічної потреби в кисні водного середовища не більше 1000 мг O²/л, хімічної потреби в кисні водного середовища не більш як 2200 мг O²/л, з рН в межах 5–9, а при досягненні гранично допустимої концентрації забруднюючих речовин у воді після гідроботанічної зони проводять перемішування мулових відкладень без випуску води в межах досяжності коренів ейхорнії.

Відомий також спосіб очищення води, запобігання забрудненню водних об'єктів стоками, що включає висаджування рослин на водовідвідних об'єктах (див. патент РФ № (19)RU (11)2288894 СПОСОБ ГИДРОБОТАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДНЫХ СРЕД В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СРЕДНИХ ШИРОТ Лялин Сергей Владимирович, заяка № 2005109256/15, від 31.03.2005 10.12.2006). Цей спосіб включає використання ейхорнії, яка плаває в поживному розчині у відповідних для неї гідроботанічних зонах. В якості поживного розчину гідроботанічної зони використовують стічні води при концентрації початкового вмісту домішок забруднюючих речовин:

амонійного азоту не більше 100 мг/л, фосфатів не більше 50 мг/л, заліза не більше 25 мг/л, (поверхнево активні речовини) ПАР не більше 15 мг/л, сульфатів не більше 160 мг/л, нафтопродуктів не більше 60 мг/л, фенолів не більше 350 мг/л, при (біологічна діюча концентрація) БДК не більше 1000 мг O₂/л і гранично допустимої концентрації (ГДК) не більше 2200 мг O₂/л, з рН в межах 5–9. При досягненні ГДК забруднюючих речовин проводять скаламучування мулових відкладень в межах досяжності коренів ейхорнії без випуску води.

Недоліками даного патенту РФ № (19)RU (11) 2288894 є те, що в ньому не надані відомості про умови зберігання ейхорнії до наступного року вегетації, при яких умовах проводиться підтримка життєдіяльності даної рослини при зберіганні, яка температура повинна бути оточуючого середовища та норми освітлення при цьому. При такому зберіганні нема потреби у тренуванні рослин на небезпечні розчини на наступний рік вегетації.

Задача пропонованого винаходу – усунення вказаних недоліків.

Її рішення забезпечується шляхом використання рослини ейхорнії, при якому після завершення її вегетації, у період несприятливих температур для її росту, рослини вилучають з водойми для очищення стоків і зберігають у додатковій водоймі в умовах температур і освітлення які сприятливі для її зберігання, а після цього періоду її висаджують у водойму для очищення стоків, при досягненні в ній сприятливої температури води. При цьому рослини вилучають з водойми для очистки стоків при досягненні в ній температури води +10...5°C, а рослини зберігають у додатковій водоймі при стабілізації в ній температури води +10...5°C, а потім рослини висаджують у водойму для очищення стоків, при досягненні в ній температури води + 10...5°C. При цьому рослини зберігають у додатковій водоймі з підведенням освітлення, яке може бути від люмінесцентних ламп і (або) від світлодіодних ламп в межах від 150–250 Вт/м².

Для цього після завершення вегетації, у період несприятливих температурних умов навколишнього середовища для її росту та розвитку, рослини вилучають з водойми де відбувалась очищення стоків і зберігають у додатковій

водоймі при такій же концентрації розчину, яка була в попередній водоймі при відповідних умовах температури і освітленні, які були сприятливі для її зберігання, а після настання сприятливих температур у другому році використання, її висаджують у водойму для подальшого очищення стоків.

Для розширення умов способу очистки стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії, рослини вилучають з водойми для очистки стоків при досягненні в ній температури води +10...5°C. При цьому рослини зберігають у додатковій водоймі при стабілізації в ній температури води +10...5°C. Далі рослини висаджують у водойму для очистки стоків, при досягненні в ній температури води +10...5°C.

Рослини зберігають у додатковій водоймі з підведенням освітлення, яке може бути здійснене з підведенням освітлення від люмінесцентних ламп, або від світлодіодних ламп. Освітлення має межі від 50–250 Вт/м².

Необхідні умови

Для забезпечення подальшої вегетації рослин ейхорнії, необхідні тепле приміщення, водойма з відповідною концентрацією токсичних речовин, люмінесцентні лампи відповідної потужності.

Матеріальне забезпечення

Люменоцентні лампи – 50 шт.

Де може бути впроваджено

У службі екологічно-санітарного контролю та контролю стічних вод підприємств, що скидаються підприємствами міста в міську комунальну систему каналізації шляхом відбору проб стічних вод з контрольних каналізаційних колодязів підприємств та виконання хімічних аналізів. За результатами хімічних аналізів визначаються фактичні концентрації забруднювальних речовин у стічних водах підприємства і робиться висновок щодо наявності або відсутності у них перевищень нормативних показників забруднювальних речовин та наскільки агресивні можуть бути їх стічні води. Згідно з цим застосовують правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення, зареєстрованих Мінюстом України 15.01.2018 за № 56/31508, які набрали чинності з 02.02.2018.

Формула винаходу

1. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії, яка відрізняється тим, що після завершення її вегетації, у період несприятливих температурних умов навколишнього середовища для її росту та розвитку рослини вилучають з водойми, де відбувалось очищення стоків, і зберігають у додатковій водоймі за такої самої концентрації розчину, яка була в попередній водоймі за відповідних умов температури і освітленні, які були сприятливі для її зберігання, а після настання сприятливих температур другого року використання її висаджують у водойму для подальшого очищення стоків,

2. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1, який відрізняється тим, що рослини вилучають з водойми для очищення стоків при досягненні в ній температури води +10...5°C.

3. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1, який відрізняється тим, що рослини зберігають у додатковій водоймі при стабілізації в ній температури води +10...5°C.

4. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1, який відрізняється тим, що рослини висаджують у водойму для очистки стоків при досягненні в ній температури води +10...5°C.

5. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1 і 3, який відрізняється тим, що рослини зберігають у додатковій водоймі з підведенням освітлення.

6. Спосіб очистки стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1, 3 і 5, які відрізняються тим, що рослини зберігають у додатковій водоймі з підведенням освітлення від люмінесцентних ламп.

7. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1, 3 і 5, які відрізняються тим, що рослини зберігають у додатковій водоймі з підведенням освітлення від світлодіодних ламп.

8. Спосіб очищення стоків води від токсикантів у водоймах з використанням рослини ейхорнії за п.1 і 3, які відрізняється тим, що рослини зберігають у додатковій водоймі з підведенням освітлення в межах від 150–250 Вт/м².

Таким чином, на підставі виконаного аналізу біологічного очищення стічних вод за допомогою ВВР можна зробити наступні висновки:

- метод може бути використаний за допомогою комплексної системи очищення, включаючи фізичні, хімічні, фізико-хімічні методи;
- метод в екологічному відношенні відповідає критеріям безвідходної технології;
- для кожного конкретного випадку необхідне виконання техніко-економічного обґрунтування процесу очищення стічних вод з використанням ВВР.

Дефіцит прісної води вже зараз стає світовою проблемою. Усе більше зростають потреби промисловості, сільського господарства у воді, що змушують усі країни, учених світу шукати різноманітні засоби для рішення цієї проблеми.

На сучасному етапі визначаються такі проблеми раціонального використання водних ресурсів: більш повне використання і розширене відтворення ресурсів прісних вод; розробка нових технологічних процесів, що дозволяють запобігти забрудненню водойм і звести до мінімуму споживання свіжої води. Потреби у воді величезні і щорічно зростають. Щорічно витрати води на земній кулі на усіх видах водопостачання складають 3300–3500 км³.

Використання природних запасів води і її дефіцит вже зараз стає світовою проблемою, водночас зростають потреби промисловості і сільського господарства у воді, змушуючи усі країни та учених усього світу шукати різноманітні засоби для вирішення цих проблем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Schwer C., Clausen J. Vegetative filter treatment of dairy milkhouse wastewater J. Environ. Qual. — 1989. — N4. — P. 446–451.
2. Sen Asit K., Mondal Nitya G. Removal and uptake of copper (II) by salvinia natans from wastewater // Water, Air and Soil Pollut. — 1990. — N1–2. — P. 1–6.
3. Luesk G. W. A growing interest in wastewater plants // Waste Age. — 1990. — N6. — С. 87–88, 92.
4. Heidmann Torsten, Henke Gustav A. Reinigung industrieller Abwaasser durch chemischbiologische Verfahren // WLB:Wasser Luft und Boden. — 1990. — N1–2. — С. 26–27.
5. Эйнол Л. О., Дмитриева Н. Г. Поглощение фосфора из природных вод полупогруженными макрофитами (на примере манника) // Водн. ресурсы. — 1988. — №4. — С. 130–136.
6. Рыженко Б. Ф. Эйхорния — кому мы обязаны нефтью и газом // Кавказская здравница. — 1991. — №2. 58 с.
7. Токарева Н. Известия науки: Эйхорния укротительница гептила // Экологияи жизнь. — 1999. — №4. — С. 5–7.
8. Кононцев С. В. Технологія біологічного очищення стічних вод молокозаводів: Дис. канд. техн. наук: 05.17.21 / Національний технічний ун-т України «Київський політехнічний ін-т». — К., 2006.— 158 с.
9. Лазарев Н. В. Неэлектролиты. Опыт биолого физико-химической их систематики. Л.: Военно-медицинская академия.—1944. 272 с.
10. Леонов В.Є., Ходаковский В.Ф., Куликова Л.Б. Основы экологии и охрана окружающей среды. Монография./ Под редакцией профессора Леонова В.Е./ Херсон : Издательский центр ХГМИ. – 2010 – 352с.
11. Леонов В.Є., Шерстюк В.Г., Бень А.П. Технологія очищення стічних вод з метою захисту гідросфери. Монографія Херсон. Херсонський державний морський інститут, Міжнародний університет бізнесу і права. Монографія за редакцією доктора технічних наук, професора В.Є. Леонова. – Херсон : ХДМІ, МУБІП. – 2008 – 151 с.
12. Леонов В. Е., Чабан В. О. Вплив синтезованих речовин та солей важких металів на життєдіяльність людини. Сучасні інформаційні технології на

транспорті. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції.–Т.5–Херсон : Видавництво Херсонського державного морського інституту 2009 року

13. Леонов В. Е., Сыс В. Б., Чернявский В. В., Сыс В. В. Современные технологии автоматизации безопасного управления судами, энергосбережения, защиты морской и окружающей среды : монография / В. Е. Леонов, В. Б. Сыс, В. В. Чернявский, В. В. Сыс / под ред. В. Е. Леонова – Херсон : ХГМА, 2019. – 556 с. : ил.

14. Мітченко Т. Ефективний метод очищення води //Харчова і переробна промисловість. –1998. –№ 10. – С. 24–25

15. Никифоров Л. Использование фильтров для очистки производственных сточных вод //Мясная индустрия. –2001. –№ 1. - С. 52–54

16. Радовенчик В. М. Використання залізомістких сорбентів для видалення хроматів із стічних вод //Экотехнологии и ресурсосбережение. -2003. –№ 2. – С. 61–64

17. Радовенчик В. Очистка стічних вод підприємств переробки макулатури магніто-сорбційним методом // Экотехнологии и ресурсосбережение. –2000. –№ 4 . – С. 28–31

18. Сафранов Т. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник. –Львів: Новий Світ–2000, 2006. –247, с.

19. Созанський С. Двоступеневе очищення стічних вод //Харчова і переробна промисловість. –1997. –№ 6. – С. 22–23

20. Стельмашук В. Эффективность биологической очистки природной воды от фосфорорганических отравляющих веществ // Экотехнологии и ресурсосбережение. –2003. –№ 1. – С. 57–60

21. Таварткіладзе І. Економне очищення стоків //Харчова і переробна промисловість. –1999. –№ 9. – С. 26–27

22. Тимофеева С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод //Химия и технология воды, 1995. – Т.17, № 5. С. 52–55

23. Чабан В.О. Очищення водного середовища за допомогою Ейхорнії товстоножкової. Науковий журнал. Вип. 88 ХДАУ – Херсон, 2014. - С. 314–319

24. Чабан В.О. Фактори забруднення Світового океану та шляхи зниження екологічного лиха. Наукові праці: науково-методичний журнал. Серія «Екологія».

Випуск 194, том 206. – Миколаїв: Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2012р. – С. 23–25.

25. Чабан В .О. Правила обробки баластних вод. Современные проблемы гидробиологии, Перспективы, пути и методы решений: Материалы третьей Международной научной конференции 17-19 мая 2012 г. Херсон–2012 г.с.368–371

26. Чабан В.О. Оцінка забруднення водоймищ морським транспортом та біологічний метод очищення водного середовища за допомогою Ейхорнії товстоножкової Науковий журнал Вісник аграрної науки Причорномор'я Випуск 2 (78) – Миколаїв: Видавництво ВНЗ МНАУ, 2014. –С. 112–114.

27. Чабан В.О. Нові перспективи біологічного очищення стічних промислових відходів за допомогою Ейхорнії товстоножкової. Наукові праці: науково-методичний журнал. Серія «Екологія». Випуск 220, 2014, том 232 – Миколаїв: Чорноморський державний університет імені Петра Могили, 2014. - С. 89–91.

28. Чабан В.О., Круглий Д.Г., Камаєв О.Ю. Енергозберігаюча технологія очистки стічних лляльних вод. Наукові праці: науково-методичний журнал. - Серія «Екологія». - Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2015. – Випуск 244.. Т. 256. – С.86–90.

29. Чабан В.О., Безкровный В.А., Камаев О.Ю. Влияние человеческого фактора на окружающую среду. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування (Збірка матеріалів 9 Міжнародної науково-практичної конференції (13-14 вересня 2018 р., м. Херсон) . –: Херсонська державна морська академія, С.196 -199.

30. Чайка В. Є. Екологія: Навчальний посібник. -Вінниця: Книга-Вега, 2002.

31. Челядин Л.І. Очищення стічних вод целюлозно-паперового виробництва та переробки осаду //Хімічна промисловість України. –2005. –№ 6 . - С. 51

32. Челядин Л. Дослідження очистки стічної води через техногенний матеріал //Экотехнологии и ресурсосбережение. –2001. –№ 4. - С. 47–50



ЧАБАН ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ – кандидат сільськогосподарських наук, у 2015 році рішенням Атестаційної колегії присвоєно вчене звання доцента кафедри судноводіння, охорони праці та навколишнього середовища.

Результати науково-практичної роботи в останні роки були сконцентровані на створенні авторських робочих навчальних програм з дисциплін: «Охорона праці в галузі», «Охоронні заходи на судні», «Забезпечення охорони праці на морському транспорті».

За період наукової педагогічної діяльності є автором п'яти винаходів, які успішно були впроваджені в промислове виробництво. Також є автором 28 наукових статей з даного напрямку.

У 2020 році вийшла в світ монографія з теми: “Сучасні методи очищення суднових стічних та лляльних вод різного походження для зрошення сільськогосподарських культур”. У даній роботі надані результати багаторічних досліджень щодо забруднення водних ресурсів різними токсичними речовинами та різноманітні схеми очищення; водночас, враховувалася кількість різних видів стічних вод, їхні витрати; можливості та економічна доцільність вилучення домішок зі стічних вод; вимоги до якості очищеної води від нафтових сполук, солей важких металів, які потрапили при промиванні трюмів морських суден у водне середовище та від несанкціонованих викидів промислових підприємств.

Для нотаток

Для нотаток

Наукове видання

Чабан Віктор Олександрович

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СУДНОВИХ СТІЧНИХ
ТА ЛЛЯЛЬНИХ ВОД РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ
ДЛЯ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

Монографія

Відповідальний за випуск *Р. С. Врублевський*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *В. Г. Удов*
Технічний редактор *В. В. Карпенко*
Коректор *Н. М. Грем*

Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 8,25
Підписано до друку 04.12.2019 року
Тираж 300 примірників. Зам. № 56

Видавництво
Херсонська державна морська академія,
просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел.: 49-20-20
Ел. адреса: rvv@ksma.ks.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
ДК № 4319 від 10.05.2012