

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Медичний факультет
Кафедра хімії та фармації

**АДСОРБЦІЙНЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД
КСЕНОБІОТИКІВ - ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконала: студентка 4 курсу 441
групи заочної форми навчання
Спеціальності 102, Хімія
Освітньо-професійної програми
Хімія
Жекова Наталя Василівна

Керівник доктор хімічних наук,
професор Близнюк В. М.
Рецензент кандидатка хімічних наук,
доцентка кафедри хімії, екології та
безпеки життєдіяльності
Херсонського національного
технічного університету
Безпальченко В. М.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Поверхнево-активні речовини: загальна характеристика та класифікація	6
1.1. Основні види поверхнево-активних речовин	6
1.2. Вплив поверхнево-активних речовин на водні об'єкти та здоров'я людини	9
РОЗДІЛ 2. Фізико-хімічні методи очищення водних об'єктів від поверхнево-активних речовин	13
2.1. Класифікація основних методів очищення води.....	13
2.2. Загальна характеристика адсорбційного методу очистки	16
2.2.1. Адсорбенти та їх ефективність для процесів очищення водного середовища.	17
2.2.2. Адсорбційний метод очищення та його методика виконання..	21
2.2.3. Способи підвищення ефективності адсорбційного очищення від поверхнево-активних речовин.....	23
2.3. Порівняльна характеристика адсорбційного методу очищення	25
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33
ДОДАТКИ	
Додаток А. Схеми очищення водних об'єктів від поверхнево-активних речовин.....	37

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній час, більшість водойм на території України зазнають антропогенного впливу. У багатьох випадках основними забруднювачами є органічні речовини природного та техногенного походження. До найнебезпечніших відносять поверхнево-активні речовини, які є невід'ємною складовою миючих засобів, пральних порошків, що повсякденно використовуються у побуті та на підприємствах. Задіяні традиційні системи очищення води, які засновані на процесах відстоювання, фільтрування та хлорування не здатні забезпечити належний рівень очистки водних об'єктів [8, с.99].

Тому на сьогодні досить актуальним питанням є пошук найефективніших методів та способів очищення водних об'єктів в тому числі і стічних вод комунально-побутових підприємств від ПАР.

Проаналізувавши фізико-хімічні методи очищення, що мають ряд переваг: можливість видалення зі стічних комунально-побутових вод органічних, токсичних забруднювачів які біохімічно не окислюються; можливість більш глибокого очищення в порівнянні з іншими методами очистки та за технічними параметрами (менші розміри очисних споруд).

Одним з найефективніших та перспективніших фізико-хімічних методів по очищенні від поверхнево-активних речовин є адсорбційний метод. Порівняно з іншими способами очищення, в адсорбційному методі використовуються сорбенти з високою поглинаючою здатністю та можливістю їх багаторазового використання. Але не дивлячись на це більшість адсорбентів мають високу вартість та використовуються у великих кількостях. З огляду на це, даний метод отримав широке використання в країнах ЄС та США. На території України через високі експлуатаційні затрати даний метод обмежений у використанні [12, с. 510].

Актуальні проблеми застосування адсорбційного методу очистки стічних вод від забруднювачів стало предметом дослідження в дисертаційних роботах таких як: Миляник О. В. «Екологічно безпечне адсорбційне очищення промислових стоків від іонів купруму та хрому»; Мельник М. М. «Наукове обґрунтування та розробка технологій адсорбційного очищення та зневоднення спиртових розчинів природними адсорбентами» [17, с. 342].

Сутність та значення адсорбційного методу очистки стічних вод від поверхнево-активних речовин розглядається у публікаціях, авторами яких є: Іваніщук С.М.; Попович Т. А.; Вишневська Л. В. [28, с. 105]; Сабадаш В. В. [12, с. 511].

Метод адсорбційного очищення знайшов широке застосування в очищенні стоків від: іонів купруму та хлору, від сірки, барвників, від органічних речовин (пестициди, ароматичні речовини, феноли, гербіциди в тому числі є і синтетично поверхнево-активні речовини).

Актуальність даної роботи полягає у докорінному вивченні питання адсорбційного методу очистки водних об'єктів від ПАР, а саме вибір адсорбентів для очищення та аналіз способів підвищення ефективності процесу очищення водних об'єктів адсорбцією.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дипломна робота виконана відповідно до тематики наукової роботи кафедри з теми «Аналітичні дослідження та ресурсозберігаючі процеси та технології».

Мета дослідження: поліпшення екологічного стану водних об'єктів забруднених поверхнево-активних речовин шляхом аналізу фізико-хімічних методів – адсорбційного способу очищення водного середовища.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати теоретичні відомості щодо основних видів поверхнево-активних речовин та їх вплив на водні об'єкти та здоров'я людини.
2. Ознайомитися з класифікацією основних методів очищення води.
3. Розглянути загальну характеристику адсорбційного методу очистки.
4. Здійснити порівняльний аналіз адсорбційного методу очищення водного середовища від поверхнево-активних речовин.

Об'єкт дослідження: способи очищення водних об'єктів забруднених поверхнево-активними речовинами.

Предмет дослідження: адсорбційне очищення водного середовища від поверхнево-активних речовин.

Методи дослідження: загальнонаукові методи: аналіз, синтез, дедукція, аналогія, абстракція.

Практичне значення одержаних результатів. Даний матеріал може бути використаний викладачами та студентами закладів вищої освіти для з'ясування теоретичних та практичних питань в курсі освітньої компоненти «Хімія природних, стічних вод та хімія атмосфери».

Структура роботи: складається з вступу, двох розділів, висновків, списку використаної літератури, додатку.

РОЗДІЛ 1

ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ: ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

1.1 Основні види поверхнево-активних речовин

Поверхнево-активні речовини – це речовини, які у водному середовищі знижують поверхневий натяг на межі розподілу фаз речовин, що не розчиняються один в одному. Даний клас сполук має специфічну структуру, а саме: довгий гідрофобний вуглеводневий ланцюг із гідрофільною групою. Гідрофобна частина є неполярною та вона не розчиняється у воді, але досить добре розчиняється в неполярних рідинах. Поряд з цим гідрофільна частина маючи полярний характер легко розчиняється у воді [23, с. 57].

ПАР мають найрізноманітніші сфери застосування, вони входять до складу миючих засобів та пральних порошків. Крім цього, поверхнево-активні речовини використовуються в багатьох технологічних процесах, а саме: хімічної, хіміко-фармацевтичної, паперової, нафтохімічної та харчової промисловості.

Необхідно відмітити що поверхнево-активні речовини використовують для поліпшення якості нафтопродуктів (в якості присадок), також вони є компонентами гідроізоляційних та антикорозійних покриттів. ПАР здатні полегшувати механічну обробку металів та підвищити ефективність процесів диспергування твердих та рідких тіл.

Найважливішою областю використання ПАР є виробництво миючих засобів, які широко використовуються в побуті та підприємствах [3, с. 8].

Головною характеристикою ПАР, є їх поверхнева активність, за допомоги якої вони здатні знижувати поверхневий натяг на межі розподілу фаз речовин. ПАР мають межу розчинності, з досягненням якої при додаванні поверхнево-активних речовин у розчин концентрація на межі розподілу фаз залишається постійною, і в той час у розчині відбувається міцелоутворення або іншими словами агрегація [5, с. 14].

Розглянемо класифікацію поверхнево-активних речовин. Всі ПАР можна розділи на дві категорії, за типом систем, утворених ними при взаємодії з розчинюючим середовищем: міцело утворюючі ПАР, та системи що не утворюють міцел [7, с. 12].

Міцелоутворюючі ПАР: емульгатори, диспергатори. В даних розчинах вище критичної концентрації міцелоутворення виникають колоїдні частинки (міцели). Вони здатні зворотно розпадатися на окремі молекули та іони.

Синтетичні поверхнево активні речовини відносять до великої групи сполук, різних за своєю структурою, що відносять до різних класів. Даний клас речовин здатний адсорбуватися на поверхні розподілу фаз і тим самим знижувати поверхневий натяг.

Залежно від властивостей поверхнево-активної речовини в наслідок розчинення у воді та її характеристик, розрізняють наступні види ПАР (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Поверхнево-активні речовини: переваги та недоліки

Назва виду ПАР	Загальна характеристика	Переваги виду	Недоліки виду
Аніоноактивні	У воді утворюються негативно зарядженні іони. До даного виду відносять: солі сірчаноокислих ефірів та солі сульфокислот. В даних сполуках можуть бути присутні подвійні зв'язки та функціональні групи.	1. Невисока вартість. 2. Хороший миючий ефект.	1. Найбільш агресивні по відношенню до організму людини. 2. Чутливі до жорсткості води.

Продовження таблиці 1.1

Катіоноактивні	У воді іонізуються з утворення позитивних органічних іонів. До даного виду відносять: четвертинні амонієві солі, які містять у своєму складі вуглеводневий радикал з прямим ланцюгом; метил, етил; атома хлору, бром, йоду або залишку метилсульфіта чи етилсульфіта.	1. Мають бактерицидні властивості. 2. Мають кондиціонуючий ефект.	1. Низькі функціональні властивості.
Неіоногенні	У водному середовищі не дисоціюють на іони. Це друга за популярністю група ПАВ після аніоноактивних.	1. Хороша дія на тканину. 2. Високий миючий ефект.	1. Висока вартість.
Амфолітні	У водному середовищі здатні проявляти різні властивості в залежності від рН середовища. У кислому середовищі – катіоноактивні властивості, у лужному середовищі – аніоноактивні властивості.	1. Найбезпечніші з поверхнево-активних речовин.	1. Висока вартість. 2. Стійкість в жорсткій воді.

У таблиці 1.1 представлена класифікація поверхнево-активних речовин, зазначено їх переваги та недоліки. Головною характеристикою ПАВ, є їх поверхнева активність, за допомоги якої вони здатні знижувати поверхневий натяг на межі розподілу фаз речовин [20, 25, 33].

Синтетичні поверхнево-активні речовини, це амфифільні ксенобіотики, які є мембранотропними речовинами, яким властиво змінювати проникність біологічних мембран, та їх структуру. Наявність СПАР в водних об'єктах впливає на функціонування та життєдіяльність мікроорганізмів а також відображається на ефективності фізико-хімічного очищення стічних вод та інших об'єктів від органічних речовин. Різноманітність фізико-хімічних та біологічних властивостей ПАР визначає перспективу їх дослідження та використання людиною в якості консервантів, емульгаторів, миючих засобів, косметичних засобів, а також як лікарських засобів [33, с. 20].

1.2 Вплив поверхнево-активних речовини на водні об'єкти та здоров'я людини

Поверхнево-активним властивостям молекул останнім часом приділять все більше уваги, це пов'язано безпосередньо зі збільшенням виробництва ПАР та їх використанням у багатьох галузях народного господарства. Одним із найнебезпечніших серед забруднювачів органічної природи виступають «ксенобіотики» (чужі життю), також їх називають синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР). Саме вони на сьогоднішній час в умовах забруднення навколишнього середовища викликають особливе занепокоєння, через їх повільний та неповний розклад, нездатність приймати участь в обмінних процесах та накопичуються на Землі [4, с. 155].

Відмітимо що, майже всі поверхнево-активні речовини негативно впливають як на організм людини так і на навколишнє середовище. При потраплянні ПАР зі стічними водами до водних об'єктів у водоймищах в яких присутні водорості, за умов високого рівня освітленості виникає бурхливе цвітіння, а згодом неминуче старіння водоймища. Це пов'язано

з тим, що світло змінює поляризацію біологічних мембран та підвищує їхню здатність до дії ПАР.

У місцях скупчення поверхнево-активних речовин, на поверхні води спостерігаємо цвітіння та процес розкладання зелено-синіх водоростей, і це призводить до отруєння води та риби. Відповідно до цих процесів, вода стає не придатною для подальшого використання [13, с. 74].

Накопичуючись на поверхні води СПАР, значно знижують поверхневий натяг, що в свою чергу призводить до зниження концентрації вуглекислого газу. Зауважимо, що ПАР здатні також адсорбуватися на поверхні частинок піску, за рахунок чого швидкість їх розпаду значно понизиться в декілька разів.

Біологічне значення ПАР, як основного забруднювача гідросфери значною мірою визнається їх фізичними властивостями: вони спроможні знижувати поверхневий натяг, володіють високою здатністю до піноутворення, ПАР не лише забруднюють гідросферу, але й здатні підсилювати дію багатьох інших речовин [7, с. 14].

За існуючими даними дослідження, ПАР на поверхні океану сприяють погіршення якості радіолокації через створення додаткових перешкод.

Поверхнево-активні речовини спроможні поєднуватися разом з маслами, жирами та утворювати на поверхні водойм плівку, яка перешкоджає газообміну між водою та атмосферою, та тим самим значно знижує ступінь насиченості води киснем.

Досліджуючи вплив поверхнево-активних речовин вчені прийшли до висновку, що ПАР здатні не лише негативно впливати на довкілля, але також впливати на організм людини та порушувати найважливіші фізіологічні процеси, що протікають в організмі, змінюючи функції та цілісність клітин. ПАР через

наявність деякої хімічної спорідненості з певними мембранами клітин людини та тварини потрапляючи до організму, здатні накопичуватися на клітинних мембранах, покриваючи їх тонким шаром, і при подальшому накопиченні здатні викликати порушення найважливіших біохімічних процесів [26, с. 6-7].

ПАР здатні істотно змінювати перебіг окисно-відновних реакцій, впливати на активність ряду найважливіших ферментів, порушувати вуглеводний, білковий та жировий обмін в організмі людини та тварини. Особливо агресивні у своїх діях аніони ПАР, які здатні викликати грубі порушення в роботі печінки, мозку, легень та нирок, а також значно погіршити роботу імунної системи організму.

Існує група поверхнево-активних речовин, які утворюються в організмі людини та приймають участь у перебігу різноманітних функцій клітин та всього організму, їх ще називають ПАР біологічного походження. До них відносять легеневі сурфактанти, ліпіди, фосфоліпіди, жирні кислоти та їх солі, інші біологічно активні речовини (стероїдні гормони) [6, с. 216-217].

ПАР біогенного походження (ендогенні ПАР) знаходяться в слизових оболонках, шкірі та на поверхні легень. Для фізіологічних та біологічних досліджень найбільший інтерес викликають поверхнево-активні речовини на межі розподілу фаз вода-ліпід, через те що в організмі існує межа ліпідного біошару клітинних мембран, що відіграє роль бар'єра для водорозчинних молекул, плазми крові, тканинної рідини. Важливу роль ендogenous ПАР відіграють у процесах емульгування жирів та регуляції всмоктування поживних речовин.

Дані літератури свідчать про можливість перорального надходження СПАР в організм людини. Швидкість надходження в організм залежить від фізико-хімічних властивостей, концентрації та від тривалості контакту з ними. Слід зазначити, що у побутових умовах при

використанні синтетичних засобів, організм людини може зазнавати комплексної або комбінованої дії детергентів [22, с. 49].

Синтетичні поверхнево-активні речовини відносять до 3-го та 4-го класу небезпеки, тобто є помірно токсичними речовинами, які чинять подразнюючу дію на шкіру та слизові оболонки органів дихання та очей.

Досягнення хімії ПАР надає можливість отримувати дані сполуки з цінними властивостями, що дозволяє очікувати появи нових фізіологічно активних препаратів. Проте на сьогоднішній час питання дослідження впливу СПАР на організм людини та ті чи інші функції є мало вивчене, проте дослідження в цьому напрямленні є дуже важливими, оскільки до ПАР відносять речовини, що існують в організмі людини [24, с. 61].

Миючі засоби є не єдиним найнебезпечнішим джерелом забруднення, поряд з ними виділяють стічні води з підприємств та заводів по виробництву мінеральних добрив. Тому найголовнішим завдання сьогодення є зменшення концентрації фосфатів у водних об'єктах України, не лише через відмову від миючих засобів (постановка даного питання важливе, але проблему не вирішить), а це звільнення від сполук фосфору на всіх очисних станціях при виробництвах. Але дане положення не затверджено на жодних муніципальних очисних спорудах в Україні, в порівнянні як це зроблено в країнах Європи та США.

Таким чином, ми прийшли до висновку що СПАР як забруднювачі навколишнього середовища посідають провідне місце в ряду чинників, що негативно впливають на стан здоров'я людини, водні об'єкти та живі організми, що зумовлено насамперед їх фізичними властивостями (функціональною дією). Тому досить актуальним є питання пошук ефективного та доступного способу очистки води від ПАР [27, с. 185].

РОЗДІЛ 2

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

2.1 Класифікація основних методів очищення води

Очищення водних об'єктів має на меті руйнування та виділення забруднюючих домішок та знищення в них патогенних мікроорганізмів. На сьогоднішній час існує велика кількість методів очистки, які можна розділити на наступні основні групи [1, с. 56-57]:

- ✓ Механічні методи очистки до них відносять: фільтрування, проціджування, відстоювання, інертний поділ. Дана група методів направлена на процес відокремлення нерозчинних домішок. Стосовно вартості механічні методи очистки відносять до найдешевших методів.
- ✓ Хімічні методи очисти до них відносять: знебарвлення та знезараження. Дана група методів спрямована на видалення зі стічних вод розчинних неорганічних домішок. У процесі хімічної очисти водних об'єктів може накопичуватися велика кількість осаду.
- ✓ Фізико-хімічні методи очисти води до них відносять: коагуляцію, окиснення, екстракцію, електроліз, адсорбцію, флотація, зворотній осмос, ультрафільтрація та іонообмінне очищення. Даний група методів відрізняється від інших способів очищення високою вартістю. Проте відмітимо, що вони досить ефективні у процесі очищення водних об'єктів від тонко-дисперсних плаваючих частинок (а саме твердих та рідких), розчинних газів, органічних та мінеральних речовин.
- ✓ Біологічні методи очистки до них відносять: аеробні та анаеробні методи. В основі цих методів лежить використання мікроорганізмів використовувати у процесі своєї життєдіяльності забруднювачі водного

середовища. При біологічному методі очистки використовують біофільтри з тонкою бактеріальною плівкою, біологічні ставки з мікроорганізмами, аеротенки з активним мулом, також бактерії та мікроорганізми.

Зауважимо, що досить часто у процесі очищення водних об'єктів використовують комбіновані методи, використання яких на пряму буде залежати від концентрації та рівня шкідливості забруднювачів.

Всі методи очистки водних об'єктів можна розділити на дві великі групи: деструктивні та регенеративні. Мета першої групи методів передбачає руйнування шкідливих речовин, або переведення їх у нетоксичний стан. Друга група методів націлена на отримання та утилізації домішок у водних об'єктах.

Більш детально розглянемо характеристики фізико-хімічних методів аналізу. Проаналізувавши їх ми прийшли до висновку, що фізико-хімічні методи очищення, мають ряд переваг серед яких [7, с. 14-15]:

- ✓ можливість видалення зі стічних комунально-побутових вод органічних, токсичних забруднювачів які біохімічно не окислюються;
- ✓ можливість більш глибокого очищення в порівнянні з іншими методами очистки;
- ✓ технічні параметри (менші розміри очисних споруд);
- ✓ рекуперація речовин;
- ✓ можливість повної автоматизації процесів.

Поряд з перевагами методів фізико-хімічної очистки, існують недоліки, а саме:

- ✓ застосування досить дорогого устаткування;
- ✓ у процесі проведення очистки на деяких технологічних процесах можуть утворюються токсичні побічні продукти реакції;

Розглянемо класифікацію фізико-хімічних методів очисти (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Основні фізико-хімічні методи очистки та їх загальна характеристика

Назва методу очистки	Загальна характеристика
Іонний обмін	<p>Базується на вилученні з водних об'єктів домішок хрому, цинку, міді та ПАР, за рахунок обміну між забрудненими іонами та іонітами. Основною властивістю іонів є їх обмінна ємність. В якості іонообмінних матеріалів використовують полімерні смоли, нерозчинні у воді та органічних розчинниках.</p> <p>Особливості даного методу є можливість очистки до будь-якого ступеня, та утилізацію цінних компонентів, що виділять з водних об'єктів.</p>
Метод коагуляції	<p>Базується на процесі поєднання дрібних частинок забруднювача у великі за допомогою коагулянтів. Коагулянтами можуть виступати: вапняне молоко, солі амонію, солі магнію, солі цинку та інші. Головними факторами що впливають на процес коагуляції є: рН розчину, кількість коагулянту, вміст солей та склад домішок, які видаляються та температура води.</p>
Метод флокуляції	<p>Базується на процесі агрегації дрібних частинок забруднювачів, за рахунок утворення містків між забруднюючими речовинами та флокулянтами. До флокулянтів відносять: ефіри, целюлоза, крохмаль та інші.</p> <p>Використання процесу флокуляції значно зменшує дозу коагулянтів, час проведення процесу коагуляція та підвищує швидкість осадження утворених пластівців.</p>
Метод сорбції	<p>Базується на процесах поглинання забруднювачів твердими та рідкими адсорбентами (активна глина, активне вугілля, силікагель, торф та дрібний кокс). Розрізняють три види сорбційних процесів: абсорбція, адсорбція, хемосорбція. Дані методи відрізняють між собою за процесом та способом поглинання забруднюючих речовин. Властивості адсорбентів залежать від: величини та структури пор, розподілу за розмірами та природи утворення. Перевагою даного методу є висока ефективність процесу очищення 80-95%, за наявності кількох речовин забруднювачів, та їх рекуперация.</p>

Метод екстракції	Базується на процесі вилучення з водного середовища цінних речовин за допомогою екстрагентів, які повинні володіти наступними властивостями: висока селективність, висока екстрагуюча здатність, густина повинна відрізнятися від густини води, вогнебезпечність та не токсичність екстрагентів та невелика їх вартість.
------------------	--

У таблиці 2.1 представлено основні фізико-хімічні методи очистки водних об'єктів на території України, з'ясували що дані методи є найперспективнішими, які доцільно використовувати у процесі очищення води від токсичних домішок, що не окислюються, та мають розмір 10 мкм та більше. Але дані методи не здатні забезпечити 100 % гарантію очистки, тому на сьогодні перспективним є використання комбінованих методів очистки. Вибір яких необхідно робити з урахуванням технологічних вимог, кількості забруднених масивів водного середовища та концентрації забруднень в них, та обов'язкове врахування енергетичних та економічних ресурсів [6, 30, 32].

2.2 Загальна характеристика адсорбційного методу очистки

Поверхнево-активні речовини використовуються у всіх галузях господарства, у вигляді миючих засобів, пральних порошків, емульгаторів та пластифікаторів. Особливо небезпечним є потрапляння ПАР до водного середовища з миючими засобами (часта ПАР у таких засобах складає 15 %) при потраплянні у водне середовища концентрація ПАР складатиме не менше $0,6 \text{ кг/см}^3$. Отже, у навколишньому середовищі відбувається накопичення ПАР, що призводить до зміни поверхневого натягу води та інших наслідків, і тому на сьогодні актуальним є пошук ефективних методів очистки водних об'єктів [28, с. 106]

Одним з найефективніших та перспективніших фізико-хімічних методів по очищенні від поверхнево-активних речовин є адсорбційний метод. Адсорбційний метод очистки може виступати в якості регенеративного процесу, тобто з витягом речовини з адсорбенту та його подальшій утилізації, а також і деструктивним процесом, коли при витягуванні з водних об'єктів забруднююча речовина знищується разом із наявним адсорбентом. Даний метод очистки можна застосовувати як окремо, так і в поєднанні з іншими методами. Перевагами даного методу в порівнянні з іншими способами очищення, є можливість очистки багатокomпонентних сумішей з ефективністю очищення до 95 %, та використовуються сорбентів з високою поглинаючою здатністю та можливістю їх багаторазового використання [2, с. 55].

2.2.1 Адсорбенти та їх ефективність для процесів очищення водного середовища. В якості адсорбентів використовують різні штучні та природні пористі матеріали такі як: активна глина, зола, торф, дрібний кокс, синтетичні сорбенти та мінеральні сорбенти (силікагель, алюмогель, гідроксиди металів). У процесі адсорбційного очищення використовують дрібнозернисті адсорбенти розміром 0,25-0,5 мм а також і високодисперсні адсорбенти розміром менше 40 мкм [19, с. 70].

Розглянемо класифікацію пористих адсорбентів: непористі, однорідно-великопористі, однорідно-дрібнопористі та неоднорідно-пористі.

Пори вуглеводневих сорбентів за величиною їх ефективного радіуса поділяють на наступні групи [9, с. 15]:

- ✓ Макропори – ефективний радіус перевищує 100 нм;
- ✓ Перехідні пори – ефективний радіус від 15 нм до 100нм;
- ✓ Мікропори – ефективний радіус менше 1,5 нм;
- ✓ Субмікропори – ефективний радіус менше 0,7 нм;
- ✓ Супермікропори – ефективний радіус до 0,7 нм.

Економічний фактор адсорбційної технології повинен підпорядковуватися та обґрунтовуватися вибором адсорбенту, оскільки витрати на адсорбційні матеріали займають найбільше місце при проведенні даного методу очистки.

Останнім часом поряд з активованим вугіллям досить часто почали використовувати синтетичні полімерні адсорбенти. Її пориста структура може змінюватися за однієї і тієї ж хімічної структури в дуже широких межах, що досягається за рахунок варіювання вмісту вихідних компонентів під час синтезу полімеру.

Якщо порівнювати полімерні синтетичні адсорбенти та активоване вугілля, то варто відмітити, що завдяки меншій енергії адсорбції адсорбовану речовину легше вилучити розчинником або відгонкою пари від полісорбу, ніж від активованого вугілля. Процес регенерації полісорбів, за допомоги розчинників, є значно економічнішим на противагу мікропористих адсорбентів до яких переважно відносять активоване вугілля [24, с. 62].

Дана особливість відіграє важливу роль в процесі адсорбційного очищення, особливо коли потрібно вилучити цінну органічну речовину для подальшого її використання. В такому разі перевага з урахуванням даної особливості буде віддана саме синтетичним полімерним адсорбентам.

Розглянемо клас мінеральних сорбентів. Данні сорбенти є відносно дешевими та стійкими пористими матеріалами. Найважливішим представником мінеральних сорбентів є цеоліти та глинисті матеріали, за рахунок їх різноманіття. Відмітимо, що мінеральні сорбенти за природою гідрофільні, які утворюють міцні водневі зв'язки з водою. Відмітимо сорбційні властивості цеоліту, які визначаються ефективним діаметром вхідних вікон, за розміром їх можна поділити: широко пористі – офретит; середньо пористі – еріоніт, морденіт; вузько пористий – натроліт, філіпсит

та інші. Кислотна активація цеолітів з одного боку покращує адсорбційні властивості, з іншого боку погіршує механічну міцність. Тому використання цеолітів обмежується тільки технологіями контактного очищення [12, с. 507].

Відмітимо основні властивості всіх адсорбентів [29, с. 233]:

- ✓ наявність селективності;
- ✓ відсутність каталітичної активності та хімічної інертності до компонентів суміші;
- ✓ механічна міцність ;
- ✓ лінійність ізотерми адсорбції;
- ✓ доступність адсорбентів.

Розглянемо більш детально адсорбенти та їх загальну характеристику (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Сорбенти та їх ефективність у процесі очищення водних об'єктів

Назва сорбенту	Ефективність його використання: переваги та недоліки
Активоване вугілля	Найефективніший адсорбент, що володіє певними властивостями: досить слабо взаємодіє з молекулами води, добре взаємодіє з органічними речовинами, він є крупнопористий, володіє великою адсорбційною ємністю, має високу селективність та малу утримуючу здатність при регенерації. Високопористе активоване вугілля отримують шляхом перегонки різноманітних вуглеводневих сполук та активують його шляхом прожарювання за температури нижче ніж 900 ⁰ С.
Штучні (іонні) полімерні смоли	Широко використовуваними є штучні полімерні смоли, які володіють високою поглинальною здатністю, високою механічною міцністю та хімічною стійкістю. Використовуються здебільшого для знесолювання та зм'якшування води, видалення окремих іонів.

Продовження таблиці 2.2

Силікагель	Твердий гідрофільний сорбент, має величезну площу поверхні, що містить у своєму складі групу –SiOH. Вони є активними центрами, при чому чим більше активних центрів тим ефективніше процес очищення. Активація силікагелю відбувається за температури 150-200 ⁰ С. Силікагелі застосовуються як носії каталізаторів. Перевагою сорбенту є здатність до регенерації, недоліком їх висока собівартість.
Шкарлупа грецького горіха	Активоване вугілля на основі шкарлупи грецького горіха володіє наступними властивостями: висока пористість, висока адсорбційна здатність. На основі шкарлупи грецького горіха виготовляють якісні сорбенти для очищення стічних вод.
Торф	Природний сорбент. Серед переваг сорбенту відмітимо: дешева сировина, можливість багаторазового використання, є багатокомпонентною, поліфункціональною та високомолекулярною системою, що містить у своєму складі різні класи органічних сполук, що безпосередньо впливає на фізико-хімічні властивості сорбенту та процесу очищення стічних вод. Недоліком сорбенту є його мала іонообмінна ємкість.

У таблиці 2.2 представленні сорбенти та охарактеризовано їх ефективність у процесі очищення водних об'єктів такі як: активоване вугілля, штучні полімерні смоли, силікагель, шкарлупа грецького горіха, торф. Зазначені сорбенти мають низьку собційну ємність та потребують значних матеріальних затрат, але не дивлячись на це вони є досить активними сорбентами та їх можна використовувати у процесах регенерації [4, 5, 18, 28, 31].

Зауважимо, процес регенерації, який спрямований на вилучення адсорбційних речовин заснований наступних способах: екстрагування органічним розчинником, зміна ступеня дисоціації

слабкого електроліту у розчині де встановлена рівновага, випарування адсорбованої речовини та процес відгону адсорбованої речовини. В окремих випадках використовують процес хімічних перетворень з подальшою десорбцією. Даний процес здійснюють при нагріванні або на холоді, суть якого полягає у відгоні розчинника з адсорбенту водяною паром або будь-яким теплоносієм. По закінченні процесу десорбції пари конденсуються та речовина витягується з конденсату [10, с. 174].

2.2.2 Адсорбційний метод очищення та його методика виконання.

Адсорбційні методи широко використовують для глибокого очищення стічних вод від розчинних органічних сполук, в тому числі і поверхнево-активних речовин, за умови що концентрація цих речовин є невисокою та вони біологічно не розкладаються. Адсорбція являється найбільш ефективним методом очистки водних об'єктів від забруднювачів. Цей метод дозволяє очистити водне середовище від органічних речовин на 90-99 %. Перевага методу: висока ефективність, можливість очищення стічних вод які у своєму складі мають декілька речовин, та процес рекуперації цих речовин.

Адсорбційне очищення відбувається у три основних етапи [28, с. 107]:

1. Перенесення забруднюючих речовин з стічного водного середовища на поверхню адсорбенту;
2. Безпосереднє проведення адсорбційного очищення;
3. Перенесення речовин в середині адсорбенту (або даний процес називають внутрішня дифузія).

На швидкість та ефективність адсорбції впливають: хімічна природа адсорбенту, хімічна будова розчинених речовин, площа адсорбованої поверхні, температура та тиск процесу адсорбції.

При адсорбційному очищенні значну роль відіграють фізичні та хімічні взаємодії між адсорбентом та адсорбованою речовиною, та

хемосорбція. При фізичній взаємодії забруднювачі затримуються на поверхні адсорбенту за рахунок Ван-дер-Вальсових сил тяжіння. При хімічній взаємодії затримання забруднювачів відбувається за рахунок утворення міцних зв'язків між активними центрами адсорбенту та адсорбованою речовиною. Активна адсорбція є необоротною, повільною, має високу теплову адсорбцію (декілька сотень кілоджоулів на 1 моль сорбенту). Говорячи про хемосорбцію, відмітимо, що це хімічна реакція яка відбувається на поверхні адсорбенту та супроводжується виділенням теплоти [15, с. 19].

Проаналізувавши три види адсорбції, дослідники прийшли до висновку, що для глибокого очищення стічних вод від органічних речовин краще всього використовувати процес фізичної взаємодії молекул органічної речовини та адсорбенту. Це зумовлюється тим, що сили Ван-дер-Вальсових взаємодій молекул органічних речовин та атомів Карбону набагато більші ніж енергія взаємодії цих атомів з молекулами води.

Зазначимо, що адсорбція є екзотермічною реакцією тому при пониженні температури ступінь адсорбції буде збільшуватися. Швидкість дифузії збільшується за підвищенням температури, але ефективність процесу адсорбційного очищення значно знижується [1, с. 56].

Наочним прикладом використання адсорбційного методу очистки стічних вод може слугувати методика визначення адсорбційного очищення цеолітів від ПАР: беремо скляну колбу об'ємом 200 см^3 та поміщаємо розчин натрій додецилсульфату (розчин приготовлений за різних початкових концентрацій $C - 0,025-0,35 \text{ мг/дм}^3$) та додаємо до нього 1 грам сорбенту. Зазначений діапазон концентрацій відповідає значенням ПАР які знаходяться в комунально-стічних та побутових водах. Скляні колби герметично закривають та залишають на дві доби, при цьому не забуваючи періодично перемішувати. Температура

зберігання повинна бути $+20^{\circ}\text{C}$. Далі сорбент відділять від досліджуваного розчину та аналізують вміст ПАР за допомогою фотометричного методу дослідження [12, с. 507].

2.2.3 Способи підвищення ефективності адсорбційного очищення від поверхнево-активних речовин.

Адсорбція є найбільш ефективним методом видалення забруднювачів органічної природи та речовин неприродного походження. Особливо велике значення набуває адсорбційний метод очищення, коли мова заходить про найнебезпечніші забруднювачі, а саме поверхнево-активні речовини, які є невід'ємною складовою миючих засобів, пральних порошків, що повсякденно використовуються у побуті та на підприємствах а також, пестициди, нафтопродукти та феноли [16, с. 18-20].

Як зазначали вище, у якості адсорбентів можна використовувати як природні так і штучні неорганічні речовини, вуглецеві матеріали (активоване вугілля, синтетичні полімерні адсорбенти).

За технологією проведення адсорбційного процесу очищення, адсорбція може бути проведена в статичних та динамічних умовах. При статичних умовах проведення адсорбент підтримується у завислому стані шляхом переміщення. Навіть при тривалому переміщенні концентрація забруднювачів падає лише до певної величини [17, с. 357].

Тому найбільш ефективним способом підвищення адсорбційного процесу очищення від поверхнево активних речовин в статичних умовах є багаторазове дробове введення адсорбенту (рис. 2.1), або використання процесу протиточної адсорбції, яка ґрунтується на процесі подання адсорбенту на установку останнього ступеня, де після частково відпрацювання адсорбент повертається на попередній ступінь (рис. 2.2).

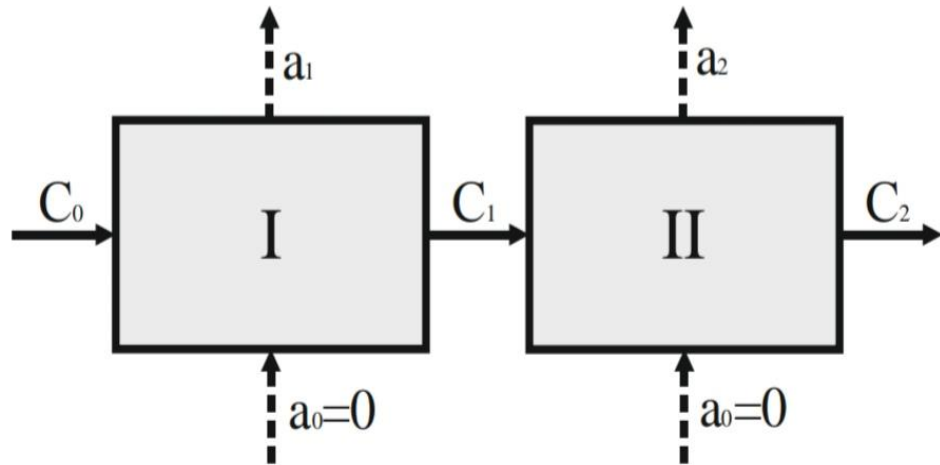


Рис. 2.1 Ступенева адсорбція (дробове введення адсорбенту)

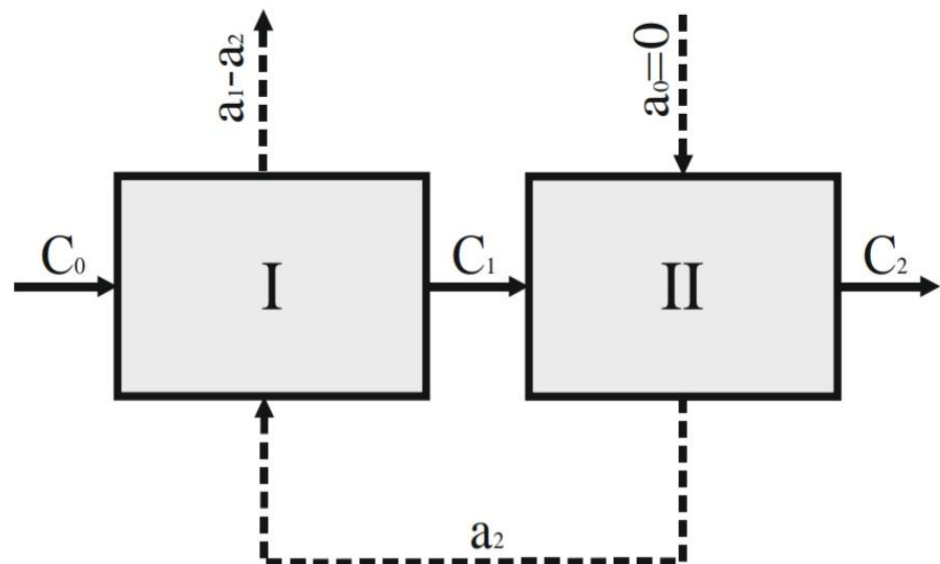


Рис.2.2 Протиточна адсорбція (послідовне використання адсорбенту)

Відмітимо, що використання запропонованих сфер очистки води адсорбцією, суть яких полягає в тому, що на початковій стадії додається суміш як свіжого так і регенованого адсорбенту, що значно зменшує собівартість даного методу очистки (зменшення дози свіжого сорбенту), але потребує деяких затрат на процес регенерації адсорбенту. Звідси впливає головний недолік адсорбційного методу очистки, це висока вартість та складність регенерації. Слід зауважити, що жоден з існуючих процесів регенерації не здатен забезпечити 100% видалення забруднювачів.

Слід відмітити, що при багаторазовому використанні адсорбентів йде велике навантаження на очисну споруду. Тому для цих цілей використовують фільтрувальні споруди. При збільшенні дози адсорбенту, відповідно збільшуються експлуатаційні затрати, тому і необхідне залучення додаткових ефективних способів ступеневої чи протиточної адсорбції з урахування затрат при перебігу процесу очистки та регенерації сорбентів [30, с. 128].

2.3 Порівняльна характеристика адсорбційного методу очищення

Способи очищення водних об'єктів умовно можна розділити на три великі групи: механічні, фізико-хімічні та біохімічні методи. На сьогодні як зазначалося вище, досить актуальним є питання очищення води від забруднювачів, що потребує пошуку новітніх методів очистки та устаткування. Кожна із зазначених груп методів має свої переваги та недоліки у використанні.

Відмітимо що, механічні способи очистки ефективні при видаленні суспендованих домішок та колоїдів. Механічне очищення включає в себе наступні процеси: відстоювання, проціджування та фільтрування. Максимальне очищення відбувається у двохярусних відстійниках. Цей метод можна вважати найпростішим та не затратним в порівнянні з іншими методами [9, с. 16].

Говорячи про біохімічні методи очистки, відмітимо що вони використовуються для очищення господарсько-побутових водних об'єктів від розчинних органічних речовин, в тому числі і поверхнево-активних речовин. Даний метод заснований на здатності мікроорганізмів використовувати у процесі своєї життєдіяльності данні органічні речовини.

З огляду на вище сказане та тематику нашої дипломної роботи перспективними методами очистки водних об'єктів є як біохімічні

методи, так і фізико-хімічні методи. Детально розглянемо данні методи порівнюючи їх переваги та недоліки у використанні [22, с. 98].

Ефективність біохімічних методів очищення залежить від температури, рН середовища, наявності біогенних елементів кисневого режиму, вмісту токсичних речовин.

Споруди біохімічного очищення розділяють на два типи: фільтраційні (поля зрошування та поля фільтрації) та об'ємні (біологічні ставки та окиснюванні канали). В перших спорудах вода фільтрується через ґрунт, що містить аеробні бактерії, потім вода потрапляє до другої споруди, куди кисень потрапляє за рахунок реаерації. Тобто суть процесу біохімічного очищення полягає в тому, що в процесі фільтрації через ґрунт органічні речовини в ньому затримуються, при цьому утворюють плівку, яка населена мікроорганізмами. Плівка адсорбує на своїй поверхні розчинні органічні речовини, дрібні суспензії, які за допомогою бактерій (за наявності кисню) перетворюються на мінеральні сполуки.

Зазначимо переваги біохімічних методів очистки в порівнянні з фізико-хімічними методами [23, с. 66]:

- ✓ повне аеробне очищення господарсько-побутових стоків;
- ✓ біофільтри не втрачають ефективність при підвищенні концентрацій забруднювачів;
- ✓ при анаеробному очищенні значно зменшуються витрати на устаткування та супутні експлуатаційні витрати, так як не потрібно проводити процес штучної аерації води.

Поряд з біохімічними методами існують фізико-хімічні методи очистки. Зазначимо, що фізико-хімічне очищення полягає в тому, що у забруднену стічну воду вводять коагулянти,

флокулянти. Данні реагенти вступають в хімічну реакцію з забруднювачами, та виводять з водного середовища нерозчинні речовини, колоїди, і тим самим вони сприяють зменшенню їх концентрації [21, с. 15].

Використання фізико-хімічних методів очистки має ряд переваг перед біохімічними методами такі як [14, с. 480]:

- ✓ видаляє зі стоків токсичні органічні забруднення, які не окислюються біохімічними методами;
- ✓ технічні параметри (менші розміри споруд);
- ✓ менша чутливість до зміни навантажень;
- ✓ автоматизація процесу;
- ✓ більш глибоке вивчення кінетики хімічних реакцій, математичного опису та оптимізації, щодо вибору апаратури;
- ✓ методи ніяк не пов'язані з діяльністю мікроорганізмів;
- ✓ процес рекуперації.

Поряд з перевагами фізико-хімічного методу, існують недоліки такі як [25, с. 57]:

- ✓ при проведенні деяких технологічних процесів утворюються побічні продукти реакції які характеризуються наявністю токсичних властивостей;
- ✓ дороге устаткування та матеріали;
- ✓ процеси очищення за допомогою осмосу та ультрафільтрації не отримали широкого застосування, через ряд недоліків (потребують попереднього очищення, наявність концентрованих відпрацьованих розчинів);
- ✓ метод електродіалізу також не отримав широкого застосування, через наступні параметри (мале значення селективності мембран, наявність концентрованих відпрацьованих розчинів та потребують попереднього очищення води).

Сучасні фізико-хімічні методи забезпечують глибоке очищення стічних вод. Проте вибір того чи іншого методу очистки необхідно робити з урахуванням кількості стічних вод які потребують очищення та концентрації забруднення в них, а також за урахуванням необхідних матеріальних та економічних витрат процесу. Особливу увагу треба приділити технологічним вимогам, які повинні задовольняти очищені води а саме: при скиданні у водойми - відносять ГПС (гранично припустимі скиди) та ГДК (гранично допустимі концентрації), а також врахувати вимоги, які необхідні для здійснення конкретних технологічних процесів [16, с. 21]. Детально розглянемо порівняльний аналіз фізико-хімічних методів очистки води, до яких відносять наступні іонний обмін, коагуляція, адсорбція, флотація, екстракція, флокуляція, зворотній осмос (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Порівняльний аналіз фізико-хімічних методів: переваги та недоліки

Метод фізико-хімічного аналізу	Переваги методу	Недоліки методу
Коагуляція	1.Видалення з води колоїднодисперсних речовин розміром від 1-100 мкм. 2.Прискорює процес осадження тонко-дисперсних домішок.	1.Велика кількість коагулянту. 2. Затяжний за часом процес метод очищення.
Флокуляція	1.Підвищує швидкість осадження забруднювачів. 2.Зменшує дозу коагулянтів. 3.Економія часу при проведенні процесу коагуляції.	1.Ефективність процесу залежить від температури та послідовності введення флокулянтів.

Продовження таблиці 2.3

Флотація	<ol style="list-style-type: none"> 1. Безперервність процесу. 2. Невеликі експлуатаційні витрати. 3. Простота споруди. 4. Висока швидкість процесу. 5. Високий рівень очистки. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Незначний ступінь насиченості пухирцями повітря стічних вод. 2. Необхідність виготовлення герметичного устаткування.
Адсорбція	<ol style="list-style-type: none"> 1. Глибока очистка стічних вод від розчинних органічних речовин (ПАР). 2. Висока ступінь очистки. 3. Висока ефективність очистки стічних вод за можливої наявності декількох забруднювачів. 4. Процес рекуперації. 5. В поєднанні з процесом коагуляції високий ступінь очисти забруднених водних об'єктів від ПАР. 6. Широкий діапазон застосування. 7. Висока поглинальна здатність. 8. Багаторазове використання сорбентів. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Високі експлуатаційні витрати. 2. Ефективність рівня очистки залежить від хімічної природи адсорбенту.
Іонний обмін	<ol style="list-style-type: none"> 1. Очищення стоків до будь-якого ступеня. 2. Вилучення (утилізація) цінних компонентів зі стічних вод. 3. Ефективний метод у процесі знесолення стічних вод. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Залежність процесу від величини пор іонів. 2. Малі значення хімічної та механічної міцності. 3. Невелика об'ємна ємність.

Продовження таблиці 2.3

Екстракція	1.Економічно вигідний процес. 2.Висока селективність екстрагенту. 3. Можливість ефективного процесу регенерації екстрагенту.	1.Багатоступенева екстракція.
Зворотній осмос	1.Невисокі затрати процесу по енергії. 2. Проведення процесу за кімнатної температури. 3.Простота конструкції та обладнання.	1. Виникнення процесу концентраційної поляризації. 2.Проведення процесу за підвищеного тиску. 3. Необхідність спеціального ущільнення апаратури.

У таблиці 2.3 представлено порівняльний аналіз фізико-хімічних методів та зазначено переваги та недоліки кожного методу [7, 12, 17, 18, 21, 34, 35].

З'ясовано, що найбільш доцільно застосовувати фізико-хімічні методи очищення. Серед найбільш поширених методів на території України є метод коагуляції. Але одним з найефективніших та перспективніших фізико-хімічних методів по очищенні від поверхнево-активних речовин є адсорбційний метод. Порівняно з іншими способами очищення, в адсорбційному методі використовуються сорбенти з високою поглинаючою здатністю та можливістю їх багаторазового використання. Але не дивлячись на це більшість адсорбентів мають високу вартість та використовуються у великих кількостях. Тому відповідно до поставлених нами завдань, та поліпшенні екологічного стану водних об'єктів проаналізовано та вивчено питання адсорбційного методу очистки водних об'єктів від ПАР, а саме вибір адсорбентів для очищення та аналіз способів підвищення ефективності процесу очищення водних об'єктів адсорбцією [28 с. 109].

ВИСНОВКИ

1. У ході дослідження з'ясовано, що поверхнево-активні речовини класифікують на: аніоноактивні, катіоноактивні, неіоногенні та амфолітні. З'ясовано, що їх застосовують у хімічній, хіміко-фармацевтичній, паперовій, нафтохімічній та харчовій промисловості. Розглянуто вплив поверхнево-активних речовин на довкілля та організм людини. З'ясовано, що при потраплянні їх до водних об'єктів виникає бурхливе цвітіння, а згодом неминуче старіння водоймища, що призводить до отруєння води та риби. При потраплянні ПАР до організму людини відбувається порушення найважливіших фізіологічних процесів, особливо небезпечними є аніоно-активні ПАР, які здатні порушувати роботу печінки, мозку, легенів та нирок, а також значно погіршувати роботу імунної системи організму.

2. В ході роботи проаналізовано методи очистки та знезараження водних об'єктів навколишнього середовища на території України, серед яких виділяють: механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи. З'ясовано, що найперспективнішими є саме фізико-хімічні методи, які володіють рядом переваг: висока ефективність процесу очищення, навіть за наявності кількох забруднювачів, також від тонко-дисперсних плаваючих частинок, розчинних газів, органічних та мінеральних речовин. Але існуюче застаріле технологічне обладнання не спроможне забезпечити 100 % очистку від забруднювачів, тому на сьогодні перспективним є використання комбінованих методів очищення.

3. В ході роботи з'ясовано, що одним із найефективніших та найперспективніших методів очистки від поверхнево-активних речовин є адсорбційний метод, який працює при очищенні багатокомпонентних сумішей з ефективністю до 95 %. В якості адсорбентів використовують різні пористі матеріали, такі як: активна глина, зола, торф, дрібний кокс,

синтетичні сорбенти та мінеральні сорбенти (силікагель, алюмогель, гідроксиди металів). Розглянуто дії сорбентів та методика очищення стічних вод за допомогою цеолітів. Запропоновані основні способи підвищення ефективності адсорбційного очищення.

4. В ході роботи нами здійснено порівняльний аналіз методів очистки, та з'ясовано, що вибір методу очистки залежить від технічних параметрів, а саме: об'єму стічних вод; концентрації забруднених речовин. Особливої уваги потребує вартість процесу, що не завжди дає змогу використовувати адсорбційний метод очистки. На сьогоднішній день знайдено більш економічні сорбенти, які здатні здешевити процес очистки стічних вод. Можна використовувати відходи сільськогосподарського виробництва : шкарлупу грецького горіху, качани кукурудзи, відходи льону, лущиння насіння соняшника, луску вівса, не втрачаючи ефективності очищення. Виходячи з цього одним з найефективніших та перспективніших фізико-хімічних методів по очищенню від поверхнево-активних речовин є адсорбційний метод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ахмедова О.О. Повышение эффективности локальных очистных сооружений сточных вод за счет применения комбинированных электрофизических методов воздействия. *Современные проблемы науки и образования*. 2009. № 5. С.56-60.
2. Безденежных Л.А. Возможности адсорбционного очищения стічних вод від іонів важких металів. *Екологічна безпека*. 2009. №2(6). С. 54-57.
3. Буравська Т. Забруднення води та його вплив на організм. *Хімія. Біологія*. 2001. № 22. С. 7-10
4. Василінич Т. Дослідження ефективності очищення стоків шкіряного виробництва природними адсорбентами. *Технічні науки*. 2011. №4. С.154-157.
5. Василінич Т.М., Сакалова Г.В. Дослідження ефективності очищення стічних вод від іонів хрому (III) на природних адсорбентах. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. №4. С. 12-15.
6. Водоподготовка: Справочник. М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.
7. Волкова Г.А. Методы очистки сточных вод, содержащие синтетические поверхностно-активные вещества. *Вестник Брестского государственного технического университета*. 2012. №2.
8. Волощенко О.И. Гигиеническое значение поверхностно-активных веществ. Киев: Здоровье, 2001. 145 с.
9. Волощенко О. І. Оцінка імунотоксичної дії поверхнево-активних речовин та ензимів - складових нових синтетичних мийних засобів. *Довкілля та здоров'я*. 2010. № 4. С. 12-16.
10. Волощенко О. І. Цитотоксична дія як критерій оцінки ступеня токсичності поверхневоактивних речовин. *Гігієна населених місць. Довкілля та здоров'я*. 2012. Вип. 60. С. 174.

11. Буравська Т. Забруднення води та його вплив на організм. *Хімія і біологія*. 2001. № 22. С. 7-10.
12. Глоба Л. Адсорбція стічних вод на хімічно-активованих цеолітах. *Хімія і технологія води*. 2005. №5. С. 505-512.
13. Голубець М.А. Актуальні питання сучасної екології. К.: АСК, 2001. 153 с.
14. Гончарук Е.И. Доочистка и обеззараживание сточных вод в биопруду с высшими водными растениями. *Химия и технология воды*. 2004. №5. С. 479-484
15. Гончарук В.В. Создание современных технологий подготовки питьевой воды с целью уменьшения генетического риска. *Химия и технология воды*. – 2000. Т. 22, № 5. С. 17 – 25.
16. Данілішин Б.М. Державна цільова екологічна програма «Програма упорядкування водовідведення в населених пунктах України» як основний документ перспективного розвитку водокористування в країні. *Вода і водоочисні технології* . 2006. № 3. С. 17-22.
17. Зубко С.О, Єзіков В.І, Попович Т.А. Очистка стічних вод та їх обробка. Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. праць XVIII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Переяслав-Хмельницький державний педагогічний ун-т ім.Григорія Сковороди, 17-18 жовтня 2015р.). Переяслав-Хмельницький, 2015. Вип.17. С. 342-344.
18. Ільчик О. Коагулянти для очищення води. *Харчова і переробна промисловість*. 2006. № 3. С.26-27.
19. Киселев В. Я. Адсорбция на границе раздела твердое тело – раствор. Москва: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2005. 81 с.
20. Коткова Т. Синтетичні ПАР та поліфосфати у річці Жерев та її основних приток. *Сільськогосподарські науки*. 2012. №2. С.30-36.

21. Кравець В.В. Доочищення та безреагентне знезаражування стічних вод у біоставку, засадженому вищими водяними рослинами. *Довкілля та здоров'я*. 2005. №2 (33). С. 13-17.
22. Кузнєцов О.В. Гігієнічна оцінка ефективності очищення і знезараження стічних вод за санітарно-вірусологічними показниками (аналітичні дослідження). *Актуальные проблемы транспортной медицины*. 2008. № 2 С. 13-106.
23. Міщенко Г. Колоїдна хімія. Методичний посібник до виконання лабораторних робіт для студентів хіміко – технічних спеціальностей. Херсон: Херсонський державний технічний університет. 2003. 78 с.
24. Мудрий І.В. Вплив синтетичних детергентів на поверхнево-активні речовини організму. *Современные проблемы токсикологии*. 2002. № 4. С.60-63.
25. Мудрий І.В. Токсиколого-гігієнічна оцінка синтетичних поверхнево-активних речовин (огляд літератури). *Современные проблемы токсикологии*. 2001. № 3. С. 55-60.
26. Онищенко Г.Г. О санитарно-эпидемиологическом состоянии окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2013. № 2. С. 4- 10.
27. Остроумов С.А. Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы. Москва: МАКС-Пресс, 2001. 334 с.
28. Попович Т.А., Вишневська Л.В., Іванищук С.М., Чечина І.Г. Дослідження можливості очистки стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин адсорбційним методом. *Вестник Херсонского национального технического университета*. Херсон: ХНТУ, 2014. № 4(51). С. 105-110.
29. Попович Т.А., Чечина І.Г. Шляхи очищення стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин. Актуальні екологічні та географічні проблеми Півдня України / ред. Давидов О. В. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. С. 104-110.

30. Россінський В. М. Реновація технологій біологічного очищення стічних вод від поверхнево-активних речовин, сполук фосфору та азоту Матеріали Міжнародного конгресу «Екологія. Технологія. Економіка. Водопостачання. Каналізація (ЕТЕВК-2015)», ТОВ «Прайм-Прінт», 2015. С. 126-129.
31. Соловьева Ж. Ф. Екологічні аспекти очищення води діоксином. Наукові записки НаУКМА. *Біологія та екологія*. 2005. Т. 43. С. 69-71.
32. Субботкин Л.Д. Национальная академия природоохранного и курортного строительства. Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом электрофлотокоагуляции. *Строительство и техногенная безопасность*. 2011. № 38.
33. Ткачук Ю. Характеристика та застосування поверхнево-активних речовин (ПАР). *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2004. №2. С.18-21.
34. Храменков С.В. Обеззараживание очищенных сточных вод ультрафиолетовым излучением на Московских станция аэрации (Глава из книги «развитие Московской канализации»). *Водоснабжение и санитарная техника*. 2004. № 4. С. 39-42.
35. Шевряков М.В., Повстяний М.В., Яковенко Б.В., Попович Т.А. Аналітична хімія: навч.-метод. посібник [для студентів університетів напряму підготовки «Хімія*】. Херсон: Айлант, 2011. 404 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Схеми очищення водних об'єктів від поверхнево-активних речовин

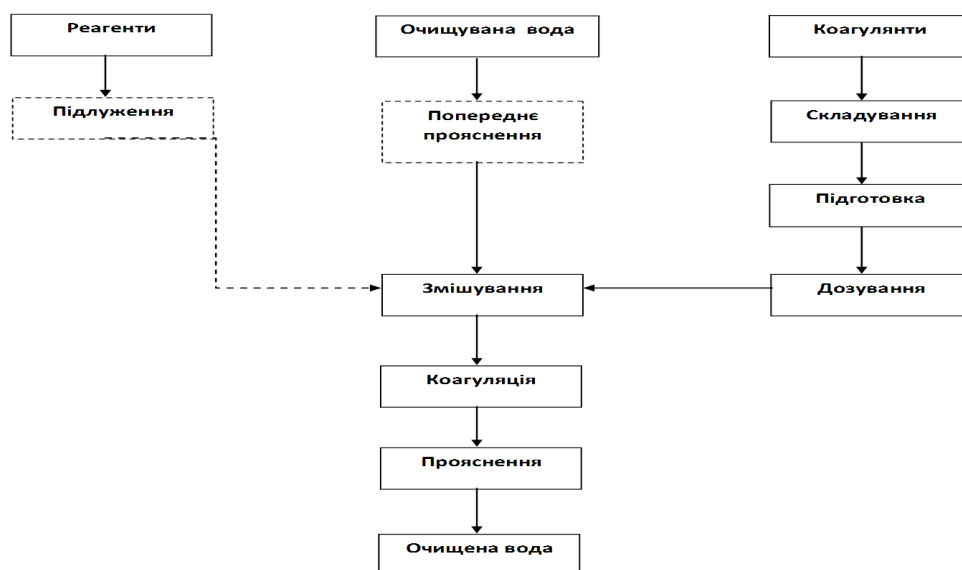


Рис. 1 Схема очищення води коагулянтами

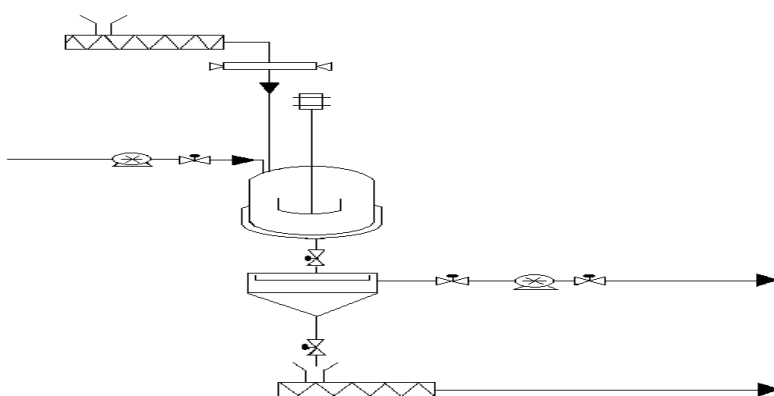


Рис. 2 Схема очищення води адсорбентами