

Технології очищення води (короткий конспект лекцій)

Частина 1.



УДК 628.1

Рекомендовано до друку Вченою радою факультету природничих наук «Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника» (протокол № 8 від 23 березня 2023 року)

Рецензенти:

Миронюк Іван Федорович, завідувач кафедри хімії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, доктор хімічних наук, професор

Шийчук Олександр Васильович, професор кафедри хімії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, доктор хімічних наук, професор

Данилюк Н.В., Татарчук Т.Р. Технології очищення води: [Електронний ресурс] / *Назарій Володимирович Данилюк, Тетяна Романівна Татарчук. Технології очищення води: Конспект лекцій. Частина 1.* / Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2023. – 141 с.

Навчальний посібник містить короткий конспект лекцій з курсу «Технології очищення води». Посібник містить наступні розділи: вступ до водопостачання, джерела забруднення води, фільтрування. Розглянуто та детально проаналізовано історію водопідготовки, вимоги до якості води, огляд технологічних процесів і обладнання, типові схеми процесу очищення води, методи боротьби з корозією, види і джерела забруднення поверхневих вод, ґрунтових вод та вод світового океану, причини появи забруднюючих речовин у воді. Окремий розділ присвячено технології фільтрування води: розглянуто принципи фільтрування, характеристики і класифікації фільтрів, властивості фільтрів, методи фільтрування, принципи мембранного фільтрування, описано типів фільтрів для води. Навчальний посібник призначений для студентів та аспірантів, які навчаються за спеціальністю 102 Хімія.

© Данилюк Н.В., Татарчук Т.Р., 2023

© Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2023

Зміст

Лекція 1. Вступ до водопостачання.

1. Стан водопостачання сьогодні.
2. Проблеми та виклики.
3. Історія водопідготовки.
4. Вимоги до якості води.
5. Огляд технологічних процесів і обладнання.
6. Типова схема процесу очищення води.
7. Дезінфекція.
8. Боротьба з корозією.
9. Система водопостачання.
10. Список використаних джерел.



Зміст

Лекція 2. Джерела забруднення води.

1. Забруднення води – визначення.
2. Види і джерела забруднення поверхневих вод:
 - патогени;
 - відходи, що споживають кисень;
 - поживні речовини і солі;
 - теплове забруднення;
 - важкі метали;
 - пестициди;
 - леткі органічні хімічні речовини;
3. Забруднення ґрунтових вод.
4. Забруднення океану.
5. Причини появи забруднюючих речовин у воді.
6. Список використаних джерел.



Зміст

Лекція 3. Фільтрування.

1. Принцип фільтрування.
2. Виведення загального рівняння фільтрації.
3. Константа швидкості фільтрування.
4. Характеристика і класифікація фільтрів.
5. Властивості фільтрів.
6. Методи фільтрування.
7. Повільна піщана фільтрація.
8. Швидка піщана фільтрація.
9. Зворотне промивання.
10. Мембранне фільтрування.
11. Принципи мембранного фільтрування.
12. Технологія фільтрування води.
13. 6 принципів фільтрування води.
14. 10 різних типів фільтрів для води.
15. Системи фільтрування води.
16. Список використаних джерел.





ТЕХНОЛОГІЇ
ОЧИЩЕННЯ
ВОДИ

ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. СТЕФАНИКА



Лекція 1. Вступ до водопостачання





План:

1. Стан водопостачання сьогодні.
2. Проблеми та виклики.
3. Історія водопідготовки.
4. Вимоги до якості води.
5. Огляд технологічних процесів і обладнання.
6. Типова схема процесу очищення води.
7. Дезінфекція.
8. Боротьба з корозією.
9. Система водопостачання.
10. Список використаних джерел.



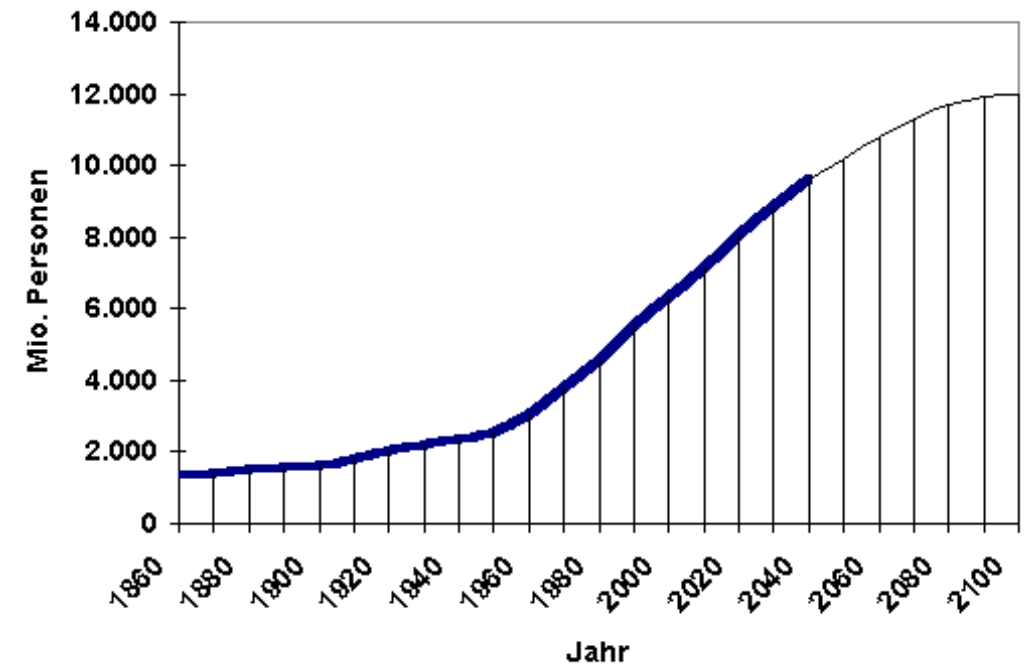
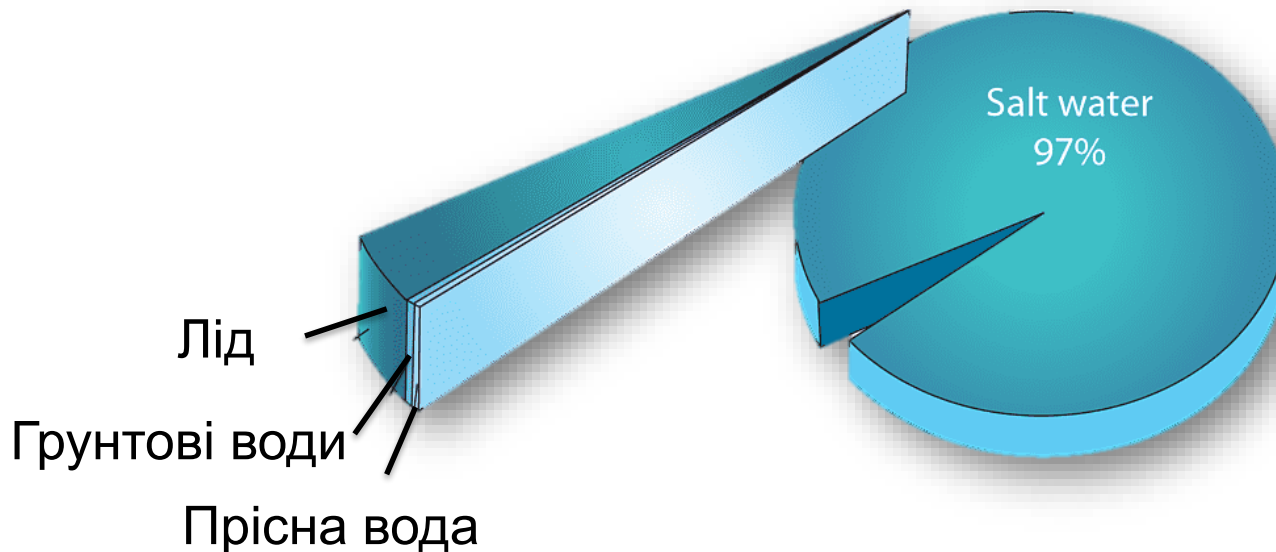
Стан водопостачання сьогодні

Водні ресурси Землі

- Прісна вода – це невеликий ресурс.

Зростання населення Землі

- Нестача води стане ймовірною.





Проблеми:



- 2007 – 1.2 мільярда людей живуть в районах з дефіцитом води (фізичний дефіцит);
- 2007 – 1.6 мільярда людей не можуть дозволити собі мати чисту воду (економічний дефіцит);
- В 2025 – 1.9 мільярда людей будуть відчувати фізичну нестачу води.

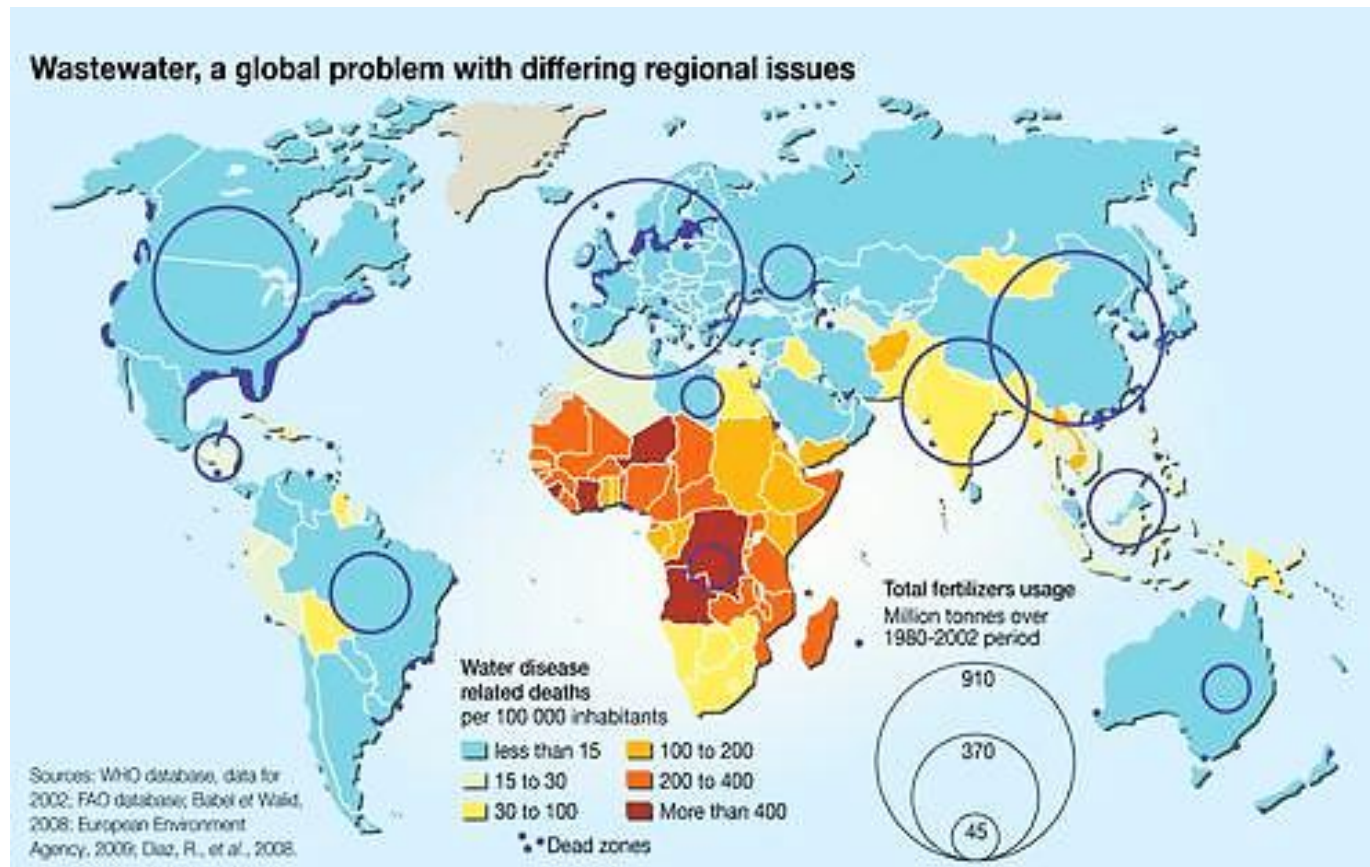




Виклики:



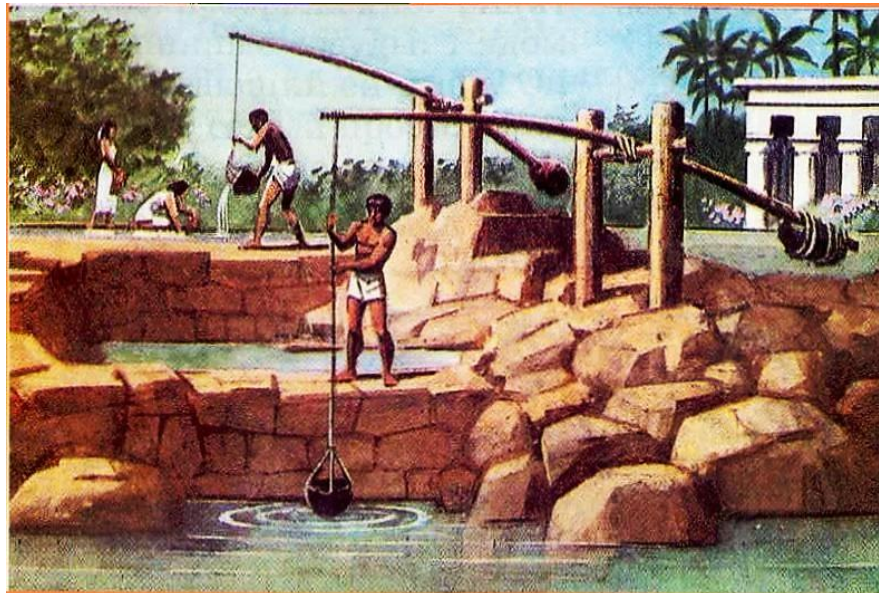
Передача захворювань, пов'язаних з водою – це наслідок недостатнього очищення стічних вод, що є великою проблемою сьогодні.





Історія водопідготовки

- Стародавні люди (20000 років до н.е.) були мисливцями і вживали їжу з рослин;
- Стародавні греки та індійці (4000 років до н.е.) обробляли воду для покращення її смаку і запаху шляхом фільтрації деревним вугіллем, впливом сонячного світла і кип'ятінням;
- Стародавні єгиптяни (1500 років до н.е.) використовували галуни для осадження важких частинок у воді.





Історія водопідготовки

**З 2000 р. до н.е. і до Середньовіччя
відбувалося наступне:**

- Населення Землі почало зростати;
- З'явилися перші великі міста;
- Люди почали будувати спеціальні споруди для транспортування води споживачам;
- Деякі цивілізації почали будувати каналізаційні системи.





Історія водопідготовки

В кінці XVIII ст. людство зіткнулося з небезпечною проблемою санітарії:

- У той час розвиток великих міст досяг тієї точки, коли епідемії класичних хвороб, що передаються через воду, стали найбільшим ризиком для населення;
- Через урбанізацію джерела питної води стали піддаватися забрудненню від людей та тварин, а також від промислових відходів;
- Населення почало вирішувати проблеми санітарії, використовуючи воду для транспортування особистих відходів до найближчих водостоків.



Для подолання цих проблем були запропоновані такі пропозиції:

- Використовувати воду з джерел, які ніколи не піддавалися впливу відходів життєдіяльності людини;
- Використовувати відповідні засоби для «повторного очищення» природних вод, забруднених діяльністю людини;
- Постачати воду з підвищеним тиском;
- Проте, перша пропозиція виявилася невдалою на практиці через антропогенне забруднення природних ресурсів;
- Проблеми постачання питної води в кінцевому результаті були вирішені шляхом будівництва очисних споруд і вдосконаленням систем водорозподілу.





В наш час ідея очищення і постачання питної води полягає в наступному:

1. Станції очищення питної води повинні забезпечувати надійне водопостачання.
2. Питна вода повинна бути хімічно- і мікробіологічно безпечною для споживання людиною.
3. Джерелами води для комунального та промислового постачання є колодязі, річки, озера і водосховища.
4. Технологічні процеси очищення значно залежать від конкретної якості сирової води.



Вимоги до якості води:

- **Пов'язані із здоров'ям:**

- повинні бути очищені від будь-яких мікроорганізмів і паразитів, а також від будь-яких речовин, які в кількісному або концентраційному відношенні становлять потенційну небезпеку для здоров'я людини.

- **Естетичні вимоги:**

- повинні бути очищені від будь-якого небажаного зовнішнього вигляду (кольору, частинок), запаху чи смаку.

- **Економічні вимоги:**

- повинні забезпечувати економічність та стійкість систем (зниження корозії).



Сьогодні якість питної води в Європі повинна відповідати наступним вимогам:

- a. **Приємна на смак** – ніякого неприємного присмаку.
- b. **Безпечна** – не містити патогенних мікроорганізмів або хімічних речовин, шкідливих для споживача.
- c. **Чиста** – повинна бути очищена від важких частинок і каламутності.
- d. **Безбарвна і без запаху** – напій повинен бути естетичний.
- e. **Досить м'яка** – обмежений вміст вапна дозволяє споживачам прати одяг, мити посуд і себе без використання надмірної кількості миючих засобів.
- f. **Антикорозійна** – для захисту труб і запобігання вилугування металів з резервуарів або труб.
- g. **Низький вміст органічних речовин** – високий вміст органічних речовин призводить до біологічного росту в трубах і резервуарах для зберігання, що часто впливає на якість.



Огляд технологічних процесів і обладнання

Процеси, що застосовуються для очищення води

❖ **Механічний (фізичний)**



Фільтрація,
Седиментація

❖ **Фізико-хімічний**



Коагуляція, Флокуляція, Флотація,
Адсорбція, Іонообмінна, Ультрафіолетова та
Ультразвукова дезінфекція

❖ **Біологічний**



Осадження і окислення бактеріальних
колоній на поверхні зерен у фільтраційних
пристроях і біореакторах

❖ **Хімічний**



Нейтралізація (обробка вапном) і Окислення
(Хлором, Озоном та ін.)



Технології очищення води



Види очищення	Процеси	Необхідне обладнання
Попереднє очищення	грубе сортування, тонке сортування	грубі і тонкі сита, відстійники
Первинна обробка	коагуляція, флокуляція, седиментація	форсунки, змішувачі
Вторинна обробка	швидка та повільна піщана фільтрація	фільтри
Доочистка	адсорбція на активованому вугіллі, видалення Fe і Mn, усунення твердості, мембранна технологія	фільтри, аератори, хімічні реактори, іонообмінні колонки, мембранні модулі
Дезінфекція	хлорування, озонування, УФ опромінення та ін.	газові форсунки, УФ- стерилізатори
Водопостачання	управління мережами труб	резервуари для зберігання, насоси, водопровідні труби



Огляд процесів і обладнання

Типові забруднювачі сирової води та масштаби їх розмірів

μm	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000
Відносний розмір звичайних матеріалів	Aqueous salts						
		Pyrogens			Yeast cells		Beach sand
	Metal ions		Virus	Bacteria			
		Colloid silica					

Вибір найкращого
методу очищення води
залежить від розміру
частинок домішок.



Які фактори впливають на кількість етапів очищення води?

Існують такі стадії обробки води. Це коагуляція – флокуляція – осадження і фільтрація з подальшою дезінфекцією. Крім цих процесів, відбувається ще так зване попереднє очищення, яке включає такі процеси:

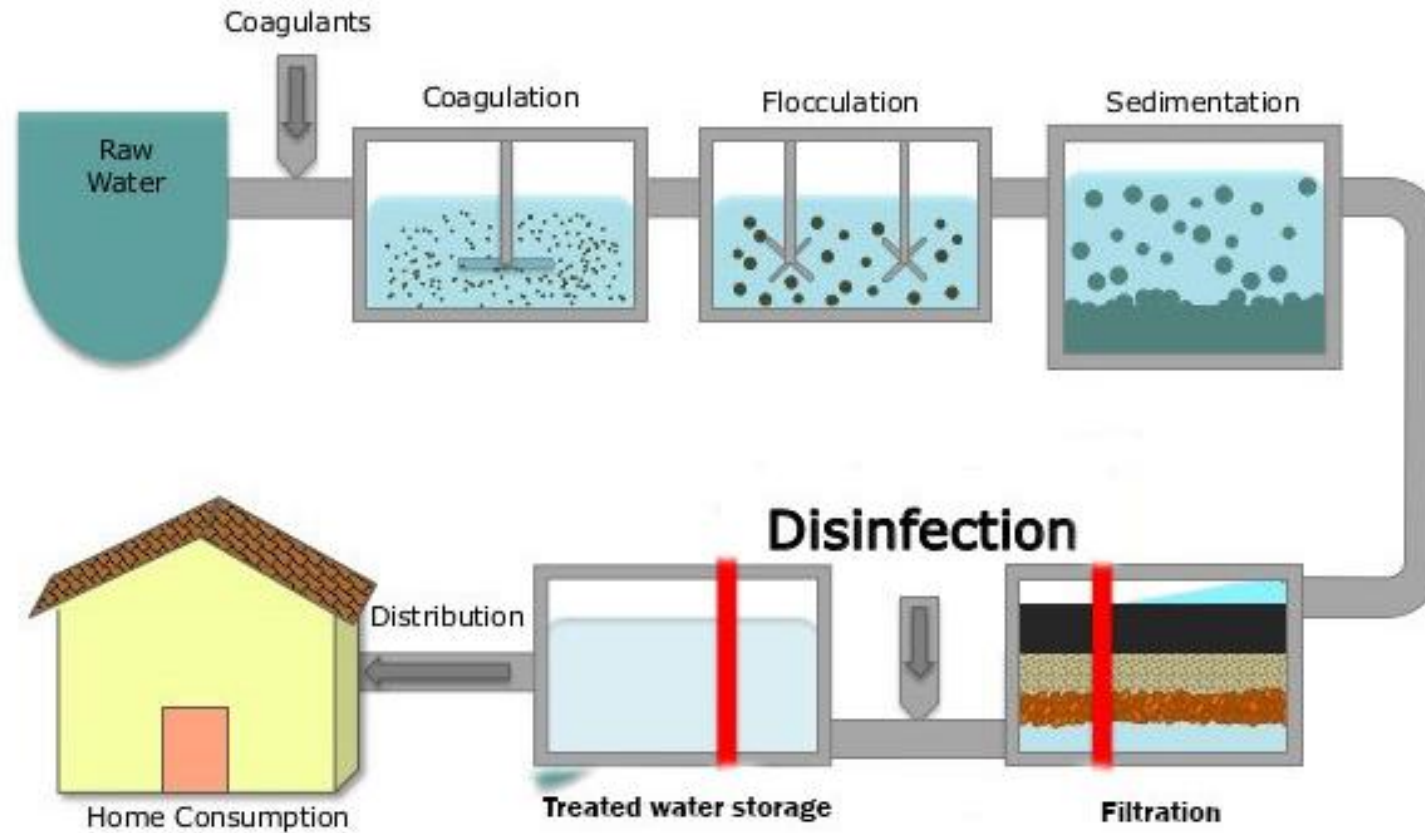
- | | | |
|------------------------|---|---|
| ❖ Пом'якшення | → | (зменшення твердості води) |
| ❖ Іонообмінний | → | (оптимізація іонної форми води) |
| ❖ Адсорбція | → | (селективне видалення органічних речовин) |
| ❖ Мембранна фільтрація | → | (досягнення особливої якості очищеної води) |

Іонообмінна та мембранна фільтрація стають все більш поширеними, оскільки, стосуються кольору води і концентрації побічних продуктів дезінфекції.

Фільтрація через активоване вугілля перед знезараженням води стає досить поширеною.

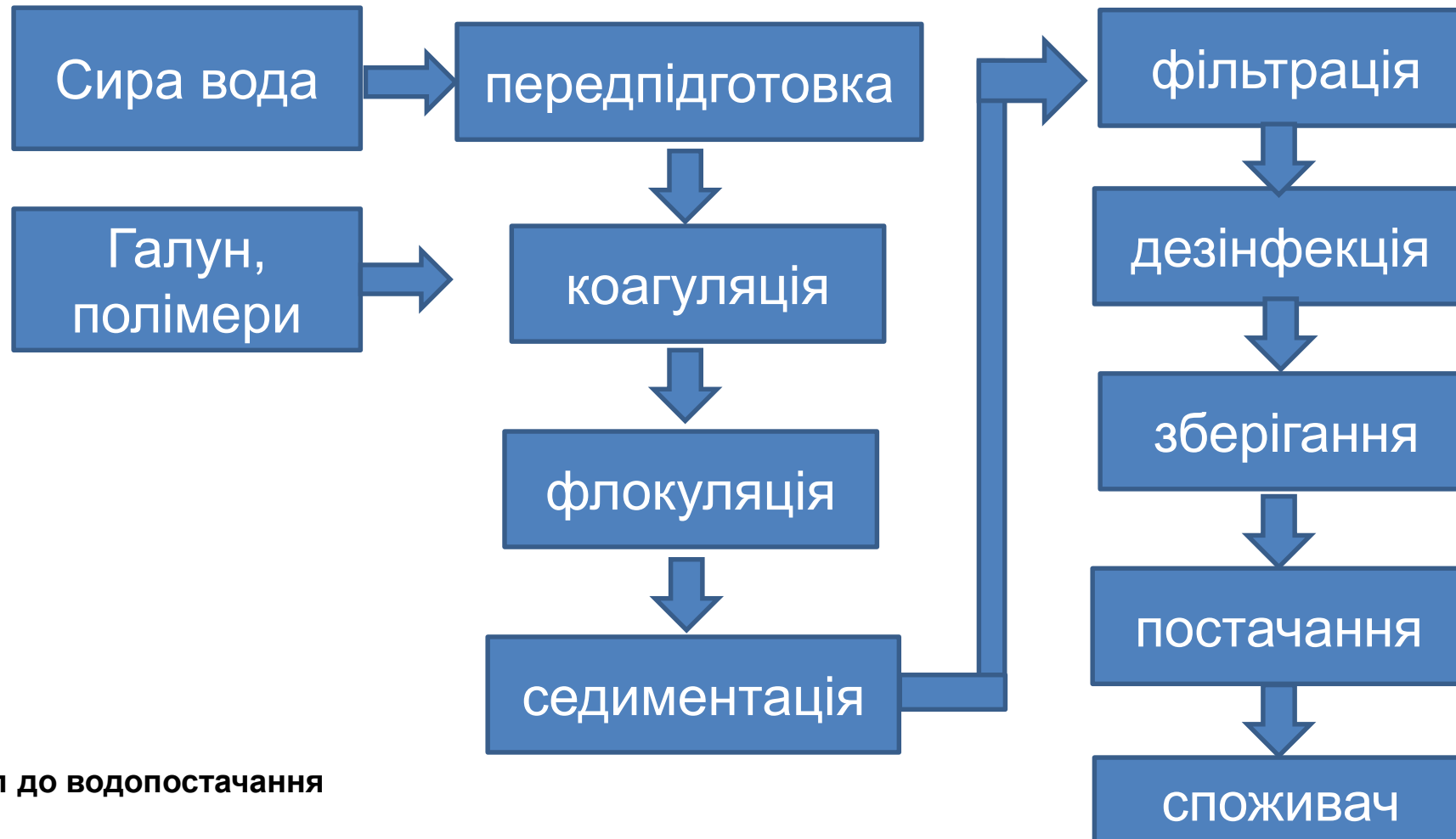


Типова схема процесу очищення води





Блок-схема водоочисної установки, коли вода менш забруднена





Дезінфекція



Хімічні методи: хлорування та озонування

- ❖ Хлорування є найбільш широко використовуваним методом хімічного знезараження питної води.

Залишки Хлору забезпечують відповідний захист від повторного росту бактерій в системі розподілу. Недоліком є утворення хлорованих побічних продуктів в разі недостатнього видалення органічних речовин з сирої води.

- ❖ Обробка озоном є другим широко використовуваним методом хімічного знезараження води. Недоліком є відсутність залишків, що може призвести до швидкого вторинного мікробіологічного забруднення води.

Дезінфекція є обов'язковим завершальним етапом будь-якої технологічної схеми на водоочисних спорудах.

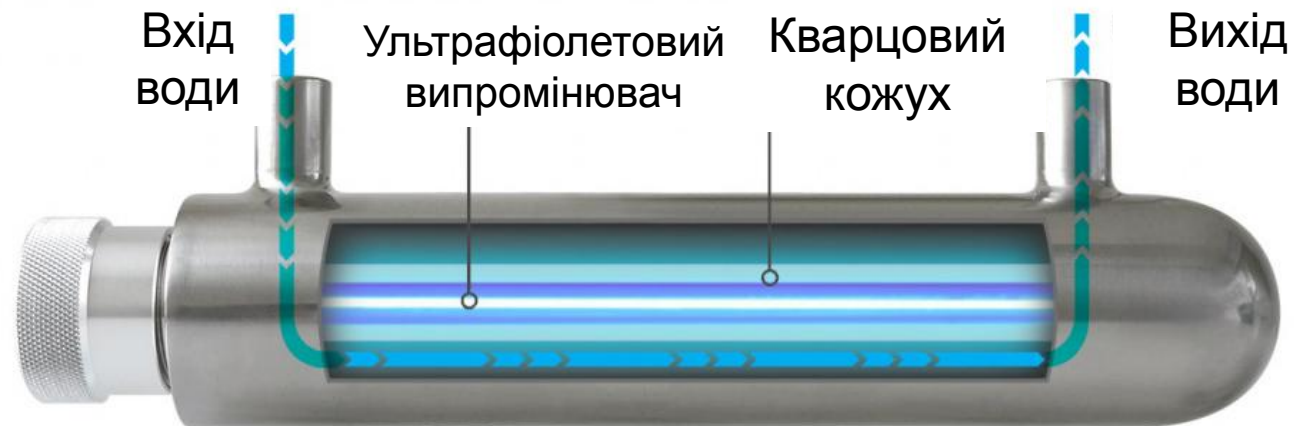


Дезінфекція



Фізичний метод: УФ-випромінювання

- УФ-випромінювання здатне проникати в бактеріальні клітини і тим самим руйнувати їх ДНК.
- Цей спосіб знищує віруси, бактерії.
- Недоліками методу є відсутність довготривалої дії і необхідність наскрізного первинного очищення води від заражених речовин.
- В даний час у країнах, що запровадили технології очищення води з додатковими ступенями, ультрафіолетове знезараження набуває все більшого поширення.



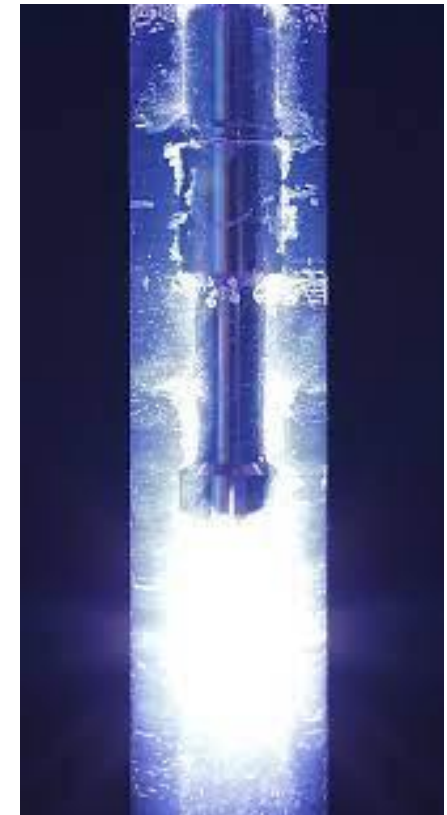


Дезінфекція



Фізичний метод: Ультразвукова кавітація

- Високі тиск та температура, створені гідродинамічним кавітаційним процесом, фізично руйнують бактерії та інші мікроорганізми.
- Це є перевагою, оскільки деякі мікроорганізми можуть розвинути певну стійкість до традиційних хімічних речовин, що вимагає постійного коригування методу обробки.
- З процесом гідродинамічної кавітації таких проблем немає. Бактерії не можуть пристосуватися до того, що їх клітини розпадаються на частини.





Боротьба з корозією

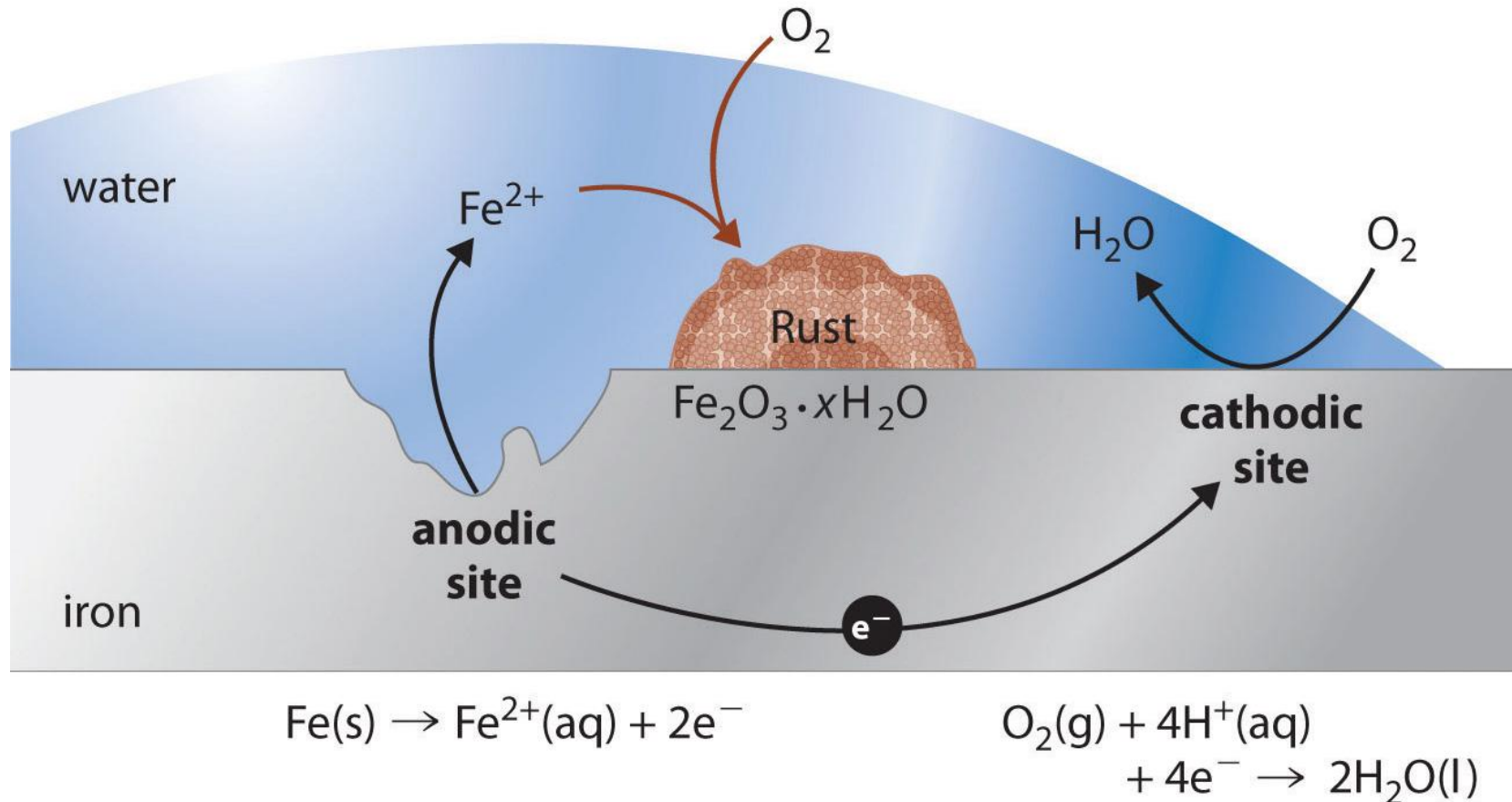
Корозійні процеси у воді

- ☐ Вода стає корозійно-активною, коли в ній міститься кисень, а також залишки концентрованих кислот та мінеральних солей.
- ☐ Ці фактори викликають корозію водопровідних труб, клапанів та ін.
- ☐ Практично всі технічні пристрої і системи водопостачання в основному схильні до корозійних пошкоджень. Водопровідні мережі не є винятком.
- ☐ Корозія впливає на сталеві труби.



Боротьба з корозією

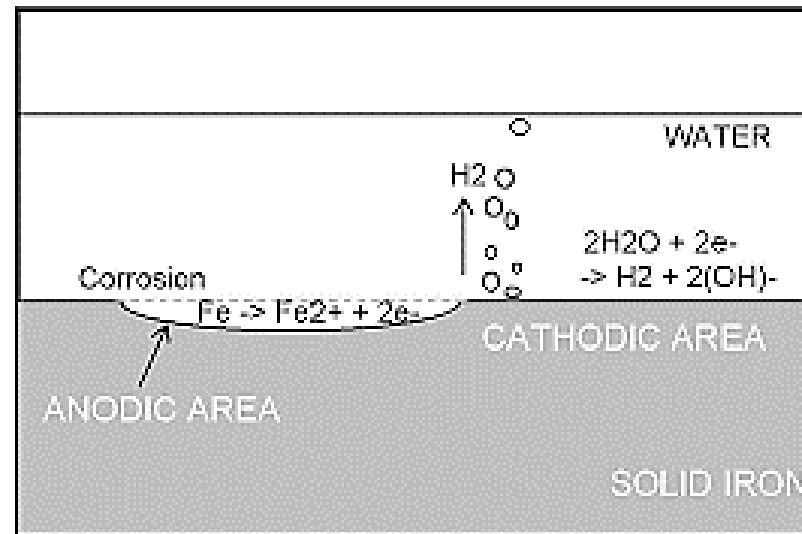
Корозійні процеси у воді





Боротьба з корозією

- ✓ Для запобігання корозії сталевих труб необхідно мінімізувати електричний струм від анодних точок зони корозії до катодних точок.
- ✓ Зниження корозійної активності у воді може бути досягнуто шляхом видалення розчиненого кисню, зміною рН до нейтрального або слаболужного значення (видалення надлишку кислотності) і регулюванням мінерального складу (демінералізація води).



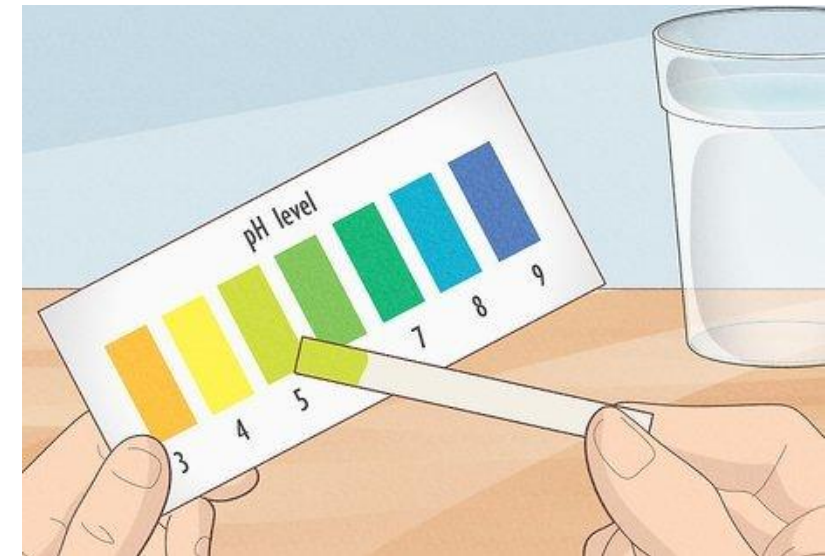


Боротьба з корозією



Регулювання рН середовища:

- Коли випадають опади, вода стає кислою і, природно агресивною. Потім вода може розчиняти кальцит та інші мінерали в підземних водних шарах і стати нейтралізованою.
- Кислотні води призводять до корозії сталевих і мідних труб, нагрівальних циліндрів та іншого обладнання, що призводить до точкової корозії труб.
- При значеннях рН < 7 вода вважається кислою, а при значеннях рН < 6.5 корозія пришвидшується. При рівні рН < 6.0 вода вважається вкрай агресивною.
- Кислотність води може бути видалена шляхом додавання вапна або гідроксиду натрію, або шляхом фільтрації через шар будь-якого карбонатомісного матеріалу (кальциту, доломіту).





Система водопостачання

Споживачі **отримують**
високоякісну питну воду, якщо
виконуються наступні вимоги:

1. Водочисна станція гарантує високу якість води, що надходить в систему водопостачання.
2. Водопровідна мережа побудована і експлуатується таким чином, щоб вода не піддавалася вторинному забрудненню.





Система водопостачання

Біологічне забруднення і його контроль в системах постачання

- Біологічне забруднення відноситься до небажаного утворення органічних відкладень на поверхнях труб. Ці залишки викликають зміни якості води, підвищують швидкість корозії і мікробіологічне забруднення води, що постачається.
- Хлорування є переважаючим способом контролю утворення біоплівки в системах постачання води.
- Біологічного забруднення в системах водопостачання можна уникнути тільки при використанні передових методів очищення води для видалення органічних субстратів.





Список використаних джерел

1. AWWA: Water Treatment Plant Design. 5th ed., McGraw-Hill, New York 2012.
2. <https://www.circleofblue.org/>
3. The United Nations World Water Development Report 1 „Water for People – Water for Life“. UNESCO Publishing, Paris 2003.
4. The United Nations World Water Development Report 2 „Water – a shared responsibility“. UNESCO Publishing, Paris 2006.
5. 25 Years Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 Update and MDG Assessment. WHO Press, Geneva 2015.
6. <https://www.filterwater.com/t-water-purification-technologies.aspx>
7. <https://www.netsolwater.com/latest-innovations-in-waste-water-recycling-systems.php?blog=1324>



ТЕХНОЛОГІЇ
ОЧИЩЕННЯ
ВОДИ

ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. СТЕФАНИКА



2. Джерела забруднення води





План:

- 1. Забруднення води – визначення.**
- 2. Види і джерела забруднення поверхневих вод:**
 - патогени;
 - відходи, що споживають кисень;
 - поживні речовини і солі;
 - теплове забруднення;
 - важкі метали;
 - пестициди;
 - леткі органічні хімічні речовини;
- 3. Забруднення ґрунтових вод.**
- 4. Забруднення океану.**
- 5. Причини появи забруднюючих речовин у воді.**
- 6. Список використаних джерел.**





Забруднення води – визначення

Забруднення води можна визначати, як зміну фізичних, хімічних або біологічних характеристик води в результаті природних процесів або діяльності людини, яке негативно впливає на її законне використання.

Джерела забруднення води можуть бути як точкові, так і неточкові:

❖ **Точкові джерела забруднення води:**

- виходить з певного джерела, таких як труба;
- може контролюватися системою водопостачання.

❖ **Неточкові джерела забруднення води:**

- Не може транспортуватися до точки прямого зливу;
- Забруднюючі речовини розсіюються на великі території, звідки вони потрапляють в поверхневі водні об'єкти, можуть бути пов'язані зі зливними водами або стоками.





Види і джерела забруднення поверхневих вод

Вид забруднення вод	Джерела забруднення
патогени	Відходи життєдіяльності людей та тварин
відходи, що споживають кисень	Стічні води та відходи тваринництва
поживні речовини	Відходи тваринництва та неорганічні відходи
хімічні забруднювачі	Промислові стічні води та пестициди з ферм
опади	Ерозія ґрунтів та гірська ерозія
важкі метали	Промислові стічні води, місця видобутку корисних копалин, звалища після фільтрування
теплове забруднення	Промислові та енергетичні установи



Патогени:



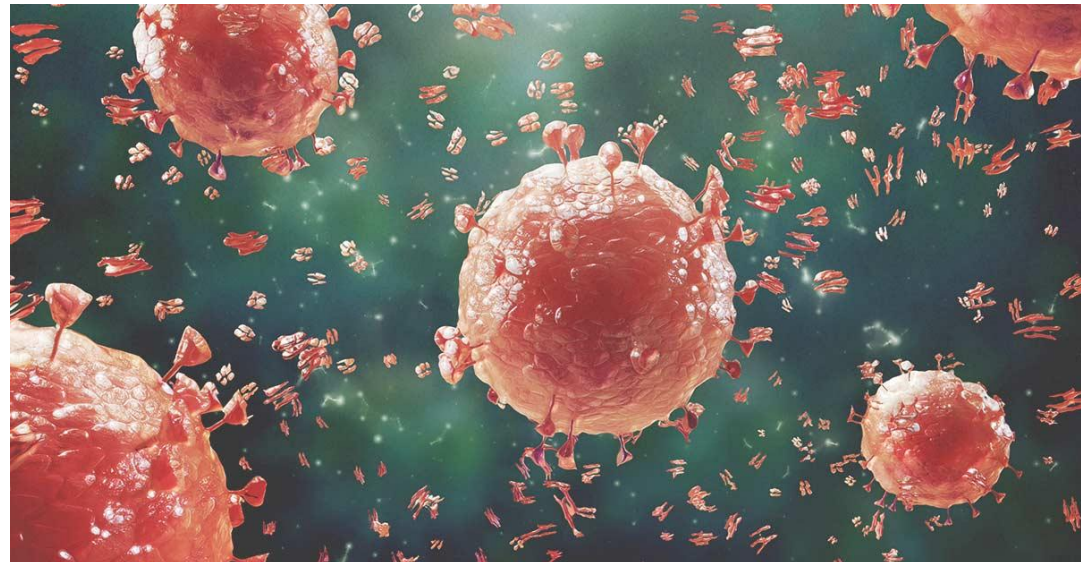
1. Патогенні мікроорганізми ростуть і розмножуються всередині організму, аж до хвороб, що можуть переноситись за допомогою води.

2. Погані санітарні умови призводять до накопичення патогенних мікроорганізмів:

- контакт з екскрементами людини і тварини;
- купання в забрудненій воді або споживання неочищеної води.

3. Прикладами патогенів, що викликають захворювання і переносяться водою, є:

- Бактерія – холера, тиф, лихоманка.
- Вірус – гепатит, інфекція очей.
- Найпростіші – діарея.
- Гельмінти (глисти) – аскаридоз.





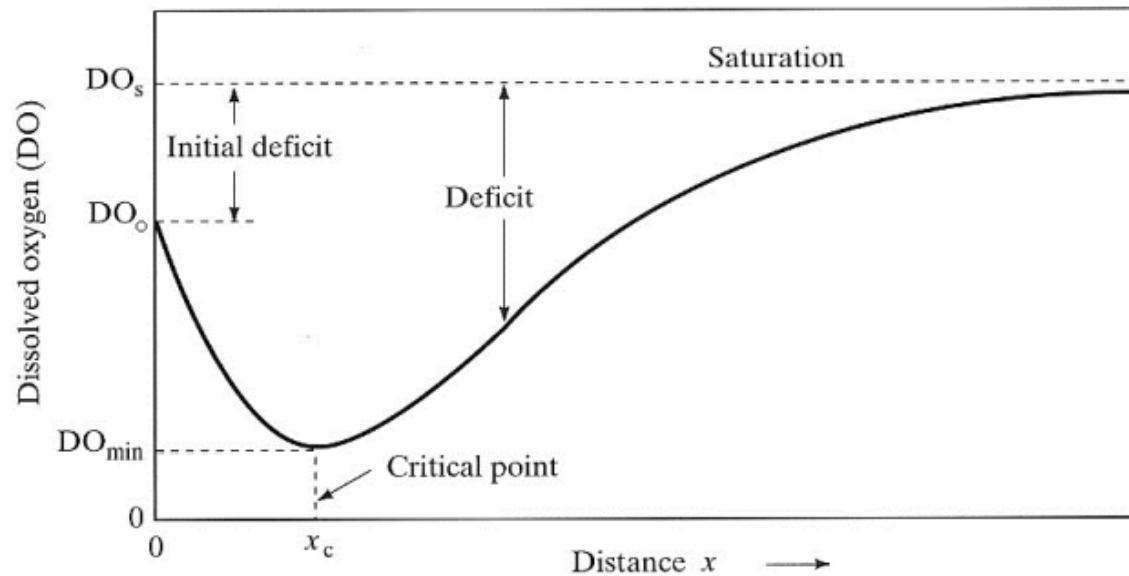
Відходи, що споживають кисень

1. Типові приклади відходів, що споживають кисень це - промислові стічні води, стічні води харчової промисловості та деякі неорганічні відходи.
2. Кількість розчиненого кисню в джерелі води є показником якості води:
 - ХСК і БСК – це параметри потреби в кисні;
 - Рекомендується 5-8 мг/л розчиненого кисню для здорових популяцій риб.
1. Оскільки бактерії розкладають відходи, то вони утилізують розчинений кисень у воді і таким чином знижують рівень розчиненого кисню у водоймі.
2. Оскільки розчинений кисень знижується, риба та інші водні організми знаходяться під загрозою, крім того, рекреаційне використання водних об'єктів може бути порушеним.





Крива споживання кисню



Чиста вода

Зона
розкладання

Септична
зона

Зона
відновлення

Чиста вода



Поживні речовини:



- ☐ Збагачення водних об'єктів поживними речовинами, в тому числі азотом, фосфором, кальцієм та залізом, призводить до забруднення води.
- ☐ Основними джерелами азоту є міські стічні води, стоки з кормових ділянок для тварин та хімічні добрива.
- ☐ Збагачення азоту та фосфору призводить до евтрофікації і цвітіння водоростей.
- ☐ Водорості потребують азоту і фосфору для свого зростання.
- ☐ Загибель і розкладання водоростей призводять до зниження розчиненого кисню у воді і додають воді кольору, каламутності, смаку і запаху, тим самим знижуючи її якість.
- ☐ Зниження розчиненого кисню в приймаючій водоймі відбувається за рахунок перетворення NH_3 в NO_2 і NO_3 .
- ☐ N у вигляді вільного аміаку токсичний для риб.



ТЕХНОЛОГІЇ
ОЧИЩЕННЯ
ВОДИ

Поживні речовини

ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. СТЕФАНИКА



Приклади евтрофікації озер



Поживні речовини

- Наявність NO_3 у воді становить потенційну загрозу для здоров'я населення:
 - NO_3 перетворюється в NO_2 бактеріями в лужному травному тракті немовлят;
 - Гемоглобін в крові – це окислення NO_2 до метгемоглобіну;
 - Метгемоглобін не може переносити O_2 .
- Джерела фосфору включають відходи життєдіяльності людей і тварин, сільськогосподарські добрива та побутові стічні води – в основному забруднення з неточкових джерел у вигляді PO_4^{3-} .
- Фосфоровмісні поверхнево-активні речовини тепер замінені, хоча раніше це було серйозною проблемою.
- Евтрофікація, викликана фосфором, як і раніше є найбільшою проблемою якості води в озерах, водосховищах і ставках.



Солі

- ❖ Розчинені тверді речовини накопичуються у водних об'єктах у міру їх проходження через ґрунт і гірські породи.
- ❖ Солі включають в себе такі катіони, як Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} і K^+ , і аніони такі як, Cl^- , SO_4^{2-} і HCO_3^- .
- ❖ Їх кількісна оцінка базується на загальній концентрації розчиненої твердої речовини:
 - Прісна вода < 1.500 мг/л;
 - Солонувата вода $= 1.500-5.000$ мг/л;
 - Солоня вода > 5.000 мг/л;
 - Морська вода $= 30.000-38.000$ мг/л.





Теплове забруднення

- **Пароелектростанції вимагають великої кількості охолодженої води:**
 - Атомна установка нагріває близько 150.000 м³/год охолоджуючої води на 10 °С.
- **Викид теплої води в річки або озера негативно впливає на водне життя:**
 - Для таких видів риб, як форель і лосось, підвищення температури небезпечно для життя;
 - Певною мірою підвищення температури може покращити зростання риби;
 - Непланове підвищення температури ускладнює адаптацію місцевої екології.
- **Вплив підвищеної температури на розчинений кисень у водних об'єктах:**
 - Збільшення швидкості метаболізму і збільшення потреби організмів в розчиненому кисні;
 - Доступний запас розчиненого кисню в озерах і річках зменшується через швидке використання розчиненого кисню і низьку розчинність кисню.



Важкі метали



❑ Метали з густиною більше, ніж 4-5 г/см³:

- Меркурій (Hg), Плюмбум (Pb), Кадмій (Cd) і Арсеній (As) – токсичні;
- Мідь (Cu), Хром (Cr), Нікель (Ni), Кобальт (Co), Залізо (Fe) і Селен (Se) – потрібні при низькій концентрації, але токсичні при високій концентрації.

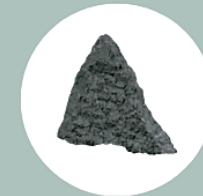
❑ Вплив важких металів на здоров'я людини:

- Пошкодження нервової та ниркової систем;
- Створення мутацій та утворення пухлин;
- Впливають на видільні одиниці, що називаються нефронами в нирках;
- Cd, Pb, Hg – нефротоксини, які впливають на нефрони.

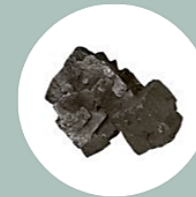
6 Heavy Metals



Mercury



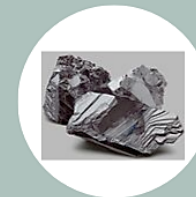
Arsenic



Lead



Aluminum



Cadmium



Manganese



Пестициди



- ❑ Діапазон хімічних речовин, які вбивають небажані організми: отрутохімікати, гербіциди, родентициди і фунгіциди.
- ❑ Три основні групи синтетичних органічних отрутохімікатів: **хлорорганічні сполуки, органофосфати і карбамати.**
- ❑ ДДТ (Дихлордифенілтрихлоретан):
 - З точки зору токсичності для людини ДДТ відносно безпечний, але дуже токсичний для комах;
 - Він стійкий і руйнівний для харчових ланцюгів, так як легко накопичується в жировій тканині;
 - Заборонений в деяких країнах.
- ❑ ДДТ і ДДД (Дихлордифенілдихлоретан):
 - Включають ферменти, що регулюють засвоєння кальцію у птахів;
 - Уражаються яєчні шкаралупи, при цьому перешкоджається розмноженню птахів.





Пестициди:



Хлорорганічні та фосфорорганічні сполуки:

- Метоксихлор, гептахлор, альдрин, дільдрин і ендрин є типовими представниками органофосфатів;
- Дільдрин викликає рак печінки;
- Альдрин і дільдрин викликають вроджені дефекти у мишей і хом'яків;
- Хлорорганічні сполуки були замінені фосфорорганічними сполуками та карбаматами;
- Фосфорорганічні сполуки: паратіон, малатіон, діазінон є типовими прикладами:
 - Не стійкі, але широко використовуються;
 - Менш токсичні для людини, ніж хлорорганічні сполуки;
 - Швидко всмоктуються через шкіру, легені і потрапляють шлунково-кишковий тракт;
 - небезпечні при змішуванні з водою у високих концентраціях.





Леткі органічні речовини

- ❑ **Найчастіше забруднюючі речовини зустрічаються в підземних водах:**
 - В підземних водах концентрація у 100-1000 раз вище в порівнянні з поверхневими.
- ❑ **Часто використовуються в якості розчинників в промислових процесах;**
- ❑ **Зазвичай видаляються з води шляхом аерації:**
 - Випаровуються і розсіюються в атмосфері;
 - Концентрація летких органічних хімічних речовин в атмосфері може досягти небезпечного рівня.
- ❑ **В питній воді містяться токсичні летючі органічні хімічні речовини:**
 - Вінілхлорид, тетрахлоретилен, трихлоретилен, 1,2-дихлоретан, чотирихлористий вуглець.



Леткі органічні речовини

❑ Вінілхлорид (хлоретилен)

- В основному використовується у виробництві полівінілових смол;
- Канцероген для людини.

❑ Тетрахлоретилен:

- Використовується в якості розчинника і теплоносія;
- Викликає пухлини у тварин, але недостатньо токсичний, як канцероген.

❑ Трихлоретилен:

- Засіб для очищення електронних деталей та реактивних двигунів;
- Канцероген.

❑ Чотирихлористий вуглець:

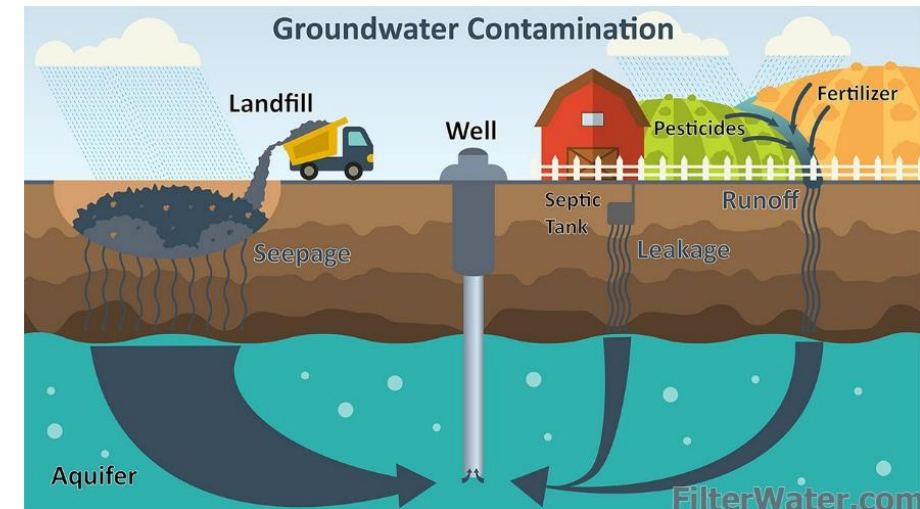
- Побутовий очисний засіб;
- Використовується в вогнегасниках і розчинниках;
- Дуже токсичний при потраплянні всередину організму.





Забруднення ґрунтових вод

- Забруднюючі речовини, такі як добрива, пестициди, бензин і органічні розчинники можуть потрапляти в підземні води з численних джерел;
- Ґрунтові води стають забрудненими, вони не можуть очиститися від відходів так швидко, як це робиться у поверхневих водах;



- **Механізми перенесення забруднення водоносними шарами:**
 - **Дисперсійне перенесення** – результат поєднання декількох механізмів, таких, як молекулярна дифузія, вихрові струми і градієнти швидкості;
 - **Адвективне перенесення** – механізми, за допомогою яких хімічна речовина переноситься через межу системи і через систему об'ємного середовища.



Забруднення ґрунтових вод

Витоки нафтопродуктів зросли протягом останніх двох десятиліть, оскільки підземні сталеві резервуари, встановлені у великій кількості в 1950-х і 1960-х роках, піддалися корозії. До 1980 року більшість підземних резервуарів виготовлялися зі сталі. Без належного захисту від корозії до 15 років витікає до половини з них.

Підземні води розчиняють багато різних сполук і більшість із цих речовин можуть забруднювати велику кількість води. Наприклад, один літр бензину може забруднити 1 000 000 літрів підземних вод. Ця проблема є особливо гострою в атлантичних провінціях, де спостерігається велике використання ґрунтових вод. У багатьох випадках проблему помічають через тривалий час після забруднення водоносного горизонту, наприклад, коли споживачі відчують смак або запах бензину.





Забруднення океану

- 80-90% міських стічних вод з більшості прибережних районів менш розвинених країн і деяких прибережних районів більш розвинених країн скидаються в океани без очищення;
- Сира нафта потрапляє в океан з ряду джерел і стає надзвичайно руйнівним забрудником:
- Аварії танкерів і вибухи на морських нафтових бурових установках.
- Леткі органічні вуглеводні в нафта та інших нафтопродуктах вбивають багато водних організмів відразу ж після їхнього контакту;
- Найбільшим джерелом забруднення океану є міські та промислові стоки з суші, в основному через трубопроводи і нафтопроводи.





Забруднення океану

- Щороку мільярди фунтів сміття та інших забруднюючих речовин потрапляють в океан. Частина сміття потрапляє на наші пляжі, змита хвилями та припливами. Деякі уламки тонуть, деякі з'їдаються морськими тваринами, які приймають їх за їжу, а деякі накопичуються в океанських круговоротах. Інші форми забруднення, які впливають на стан океану, походять із таких джерел, як розливи нафти або накопичення багатьох джерел, таких як добрива з наших дворів.





Причини появи забруднюючих речовин у воді

- **Забруднення характеризуються стійкістю в навколишньому середовищі, відносною токсичністю, поганим впливом на людину, частотою виникнення і концентрацією.**
- **Хімічні речовини, що руйнують ендокринну систему:**
 - Пестициди, миючі засоби, побічні продукти горіння, метали та фармацевтичні препарати;
 - Розвиток і метаболізм організму є складною системою хімічних сигналів і реакцій, контрольованих ендокринною системою;
 - Ендокринні хімічні речовини втручаються в природне функціонування системи, будучи або діючи як природний гормон, таким чином блокуючи або протидіючи природним гормонам.
- **Хімічні речовини, що руйнують ендокринну систему – викликають очевидні наслідки для здоров'я людини:**
 - Зниження кількості сперматозоїдів у чоловіків, а також рак молочної залози і репродуктивних органів.



Причини появи забруднюючих речовин у воді

- **Гермафродитизм:** наявність як чоловічих, так і жіночих репродуктивних органів в одному організмі:
 - Зустрічається у жаб, лососях та черепахах;
- **Показано, що естрогенна сполука 17 β -естрадіол (жіночий статевий гормон) викликає репродуктивні та розвиваючі ефекти у риб.**
- **Полібромовані біфенілові ефіри:**
 - Вогнезахисні добавки;
 - Біоакумулюють і виявляють токсичність для людини і дикої природи.
- **Перфторкарбоксилати:**
 - Відходи виробництва фторвмісної обробки поверхні;
 - Біоакумулюють і виявляють токсичність для людини і дикої природи.



Список використаних джерел

1. Weiner, R.F. and Matthews, R.A.: Environmental Engineering, 4th ed., Butterworth-Heinemann, Oxford 2003, pp 51-79.
2. Vesilind, P.A., Peirce, J.J. and Weiner, R.F.: Environmental Pollution and Control, 3rd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford 1990, pp 15-64.
3. Wright, R.T. and Boorse, T.F.: Environmental Science, Chapter 20 – Water Pollution and its Prevention. Pearson Education Inc., London 2011.
<http://slideplayer.com/slide/2777659/>, retrieved on 6 September, 2018.
4. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-pollution>
5. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/water-overview/pollution-causes-effects/groundwater-contamination.html>

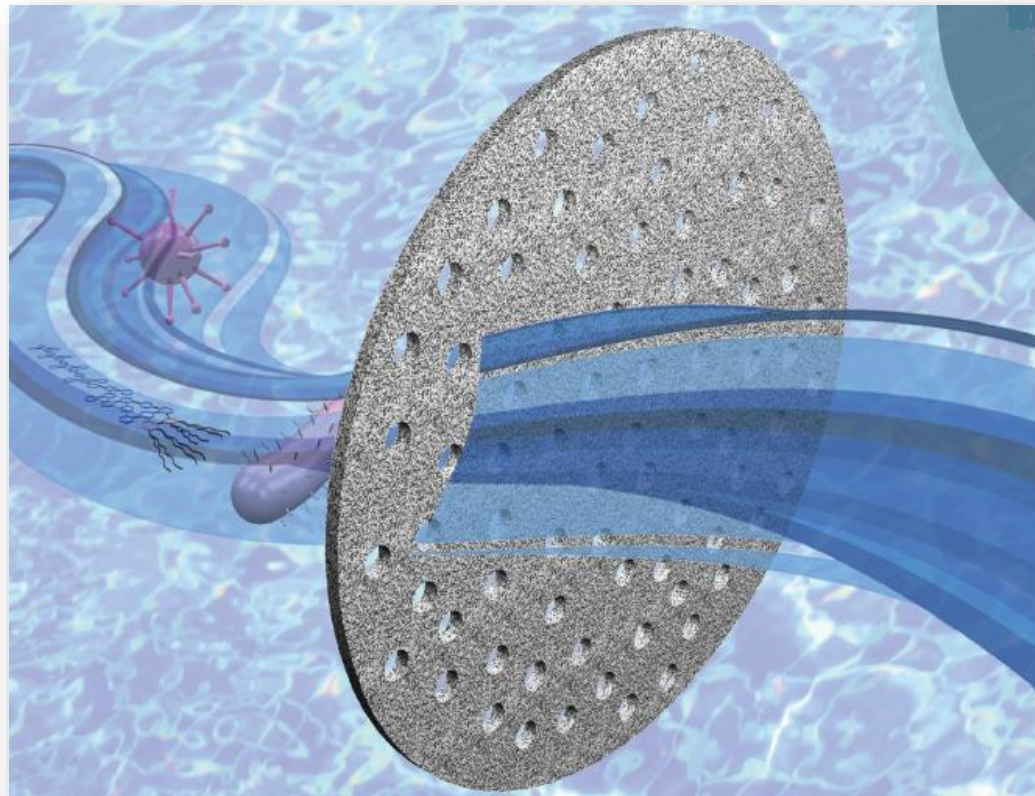


ТЕХНОЛОГІЇ
ОЧИЩЕННЯ
ВОДИ

ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. СТЕФАНИКА



3. Фільтрування





План:

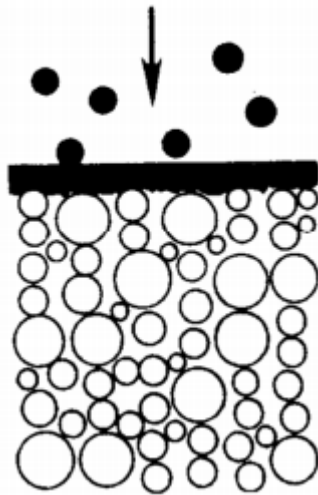
1. Принцип фільтрування.
2. Виведення загального рівняння фільтрації.
3. Константа швидкості фільтрування.
4. Характеристика і класифікація фільтрів.
5. Властивості фільтрів.
6. Методи фільтрування.
7. Повільна піщана фільтрація.
8. Швидка піщана фільтрація.
9. Зворотне промивання.
10. Мембранне фільтрування.
11. Принципи мембранного фільтрування.
12. Технологія фільтрування води.
13. 6 принципів фільтрування води.
14. 10 різних типів фільтрів для води.
15. Системи фільтрування води.
16. Список використаних джерел.



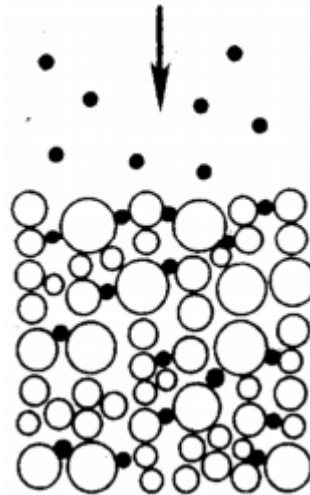


Фільтрування

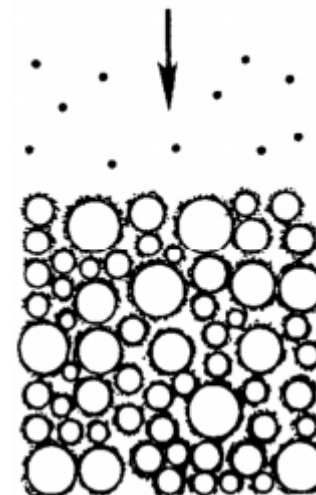
Фільтрування – це процес фізичного поділу речовин, який відокремлює тверду речовину та рідину від суміші за допомогою фільтруючого середовища, яка має складну структуру, через яку може проходити лише рідина. Фільтрування очищає воду та підвищує ефективність дезінфекції. Багато водоочисних споруд використовують фільтрацію для видалення частинок з води. До таких частинок належать глини та мули, природні органічні речовини, осадки від інших процесів очищення на установці, залізо та манган, мікроорганізми.



Cake Filtration



Straining
Filtration

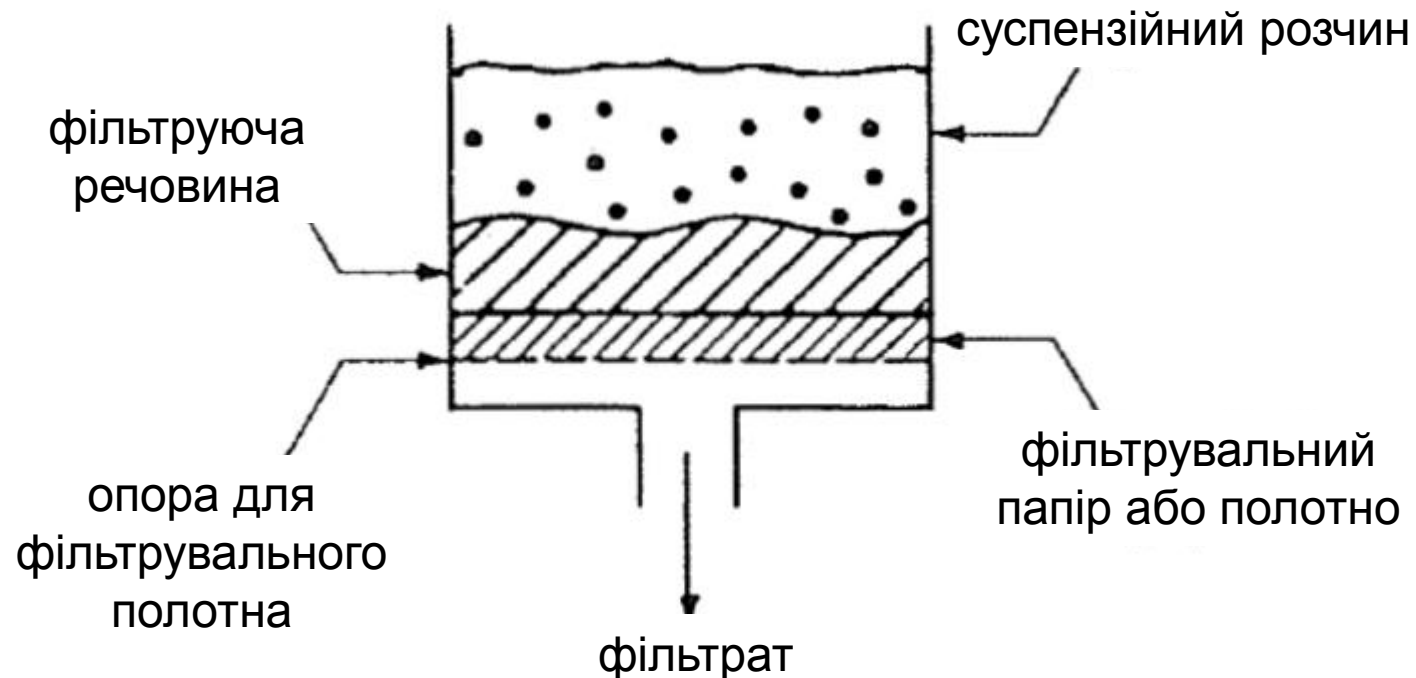


Adsorptional
Filtration



Фільтрування

Принцип фільтрування полягає в різниці тиску, який викликає відділення твердих речовин від суспензії за допомогою пористого середовища (наприклад, фільтрувального паперу або тканини), яке утримує тверді речовини і дозволяє фільтрату проходити даліше.





Питання для обговорення:

1. Які характеристики системи фільтрації можна використати, щоб оцінити продуктивність установки для фільтрування?
2. Які фактори можна використати для регулювання продуктивності установки?



Приклад: барабанний фільтр



Закон Пуазейля

Ламінарний потік у трубці (враховуючи відсутність опору) описується **законом Пуазейля:**

$$-\frac{\Delta P}{L_c} = \frac{32\mu v}{D^2}$$

— ΔP — падіння тиску від початку (високий P) до кінця трубки [Па];

L_c - довжина трубки [м];

μ - в'язкість рідини [Па*с];

v - швидкість рідини в трубці [м * с⁻¹];

D - діаметр трубки [м].



Рівняння Дарсі

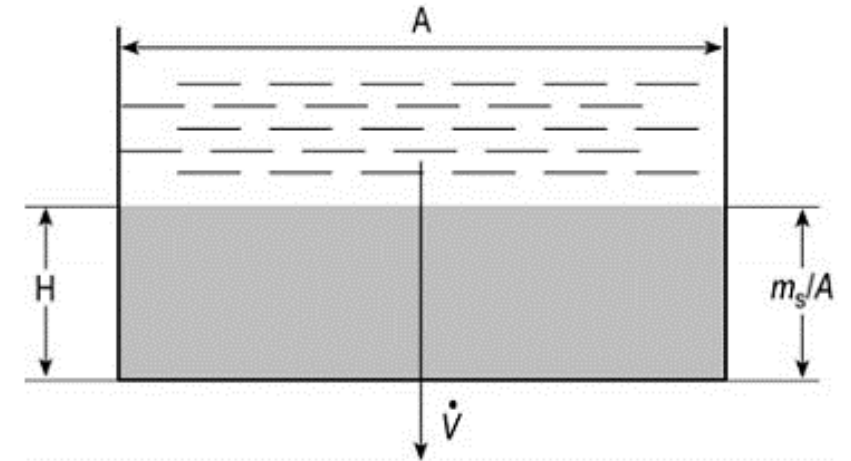
Опір течії пористого середовища (фільтруючого середовища) можна описати законом Дарсі. Уявімо рідину, що протікає через фільтрувальний осад (або потік води, що просочується через ґрунт, як вважав Дарсі).

Падіння тиску Δp цього руху пропорційне:

1. Швидкість руху на одиницю площі V/A (конкретна швидкість руху або швидкість фільтрації);
2. Товщина осаду H ;
3. В'язкість η рідини;
4. Константа α_H , що описує «специфічний опір фільтру» осаду:

$$\Delta p_1 = \left(\frac{V}{A}\right) * H * \eta * \alpha_H$$

У одиницях СІ одиниця α_H повинна бути м^{-2} для того, щоб задовольнити рівняння Дарсі.



Визначення опору фільтру:

$\eta \alpha_H$ = товщина шару H ;

$\eta \alpha_m$ = опір фільтру.



Рівняння Кармен-Козені

$$-\frac{\Delta P}{L_c} = \frac{32\mu v}{D^2}$$

з закону Пуазейля можна вивести **рівняння Кармен-Козені** для опису шару твердих тіл:

$$-\frac{\Delta P_c}{L_c} = k_1 * \mu * \frac{v}{\epsilon} \left(\frac{(1 - \epsilon) S_0}{\epsilon} \right)^2,$$

$-\Delta P_c$ – падіння тиску зумовлене осадам [Па];

k_1 – 4,17, константа [-];

ϵ - значення пористості [-];

S_0 - питома площа на одиницю об'єму [$m^2 * m^{-3} = m^{-1}$];

S_0 - питома площа поверхні на одиницю об'єму є властивістю твердих речовин, для

сфер $S_0 = \frac{6}{d} = f(d)$



Рівняння Кармен-Козені

Опір α пористого середовища залежить від його розміру і кількості пор. Це можна пов'язати з гідравлічним діаметром пор пористої структури d_h :

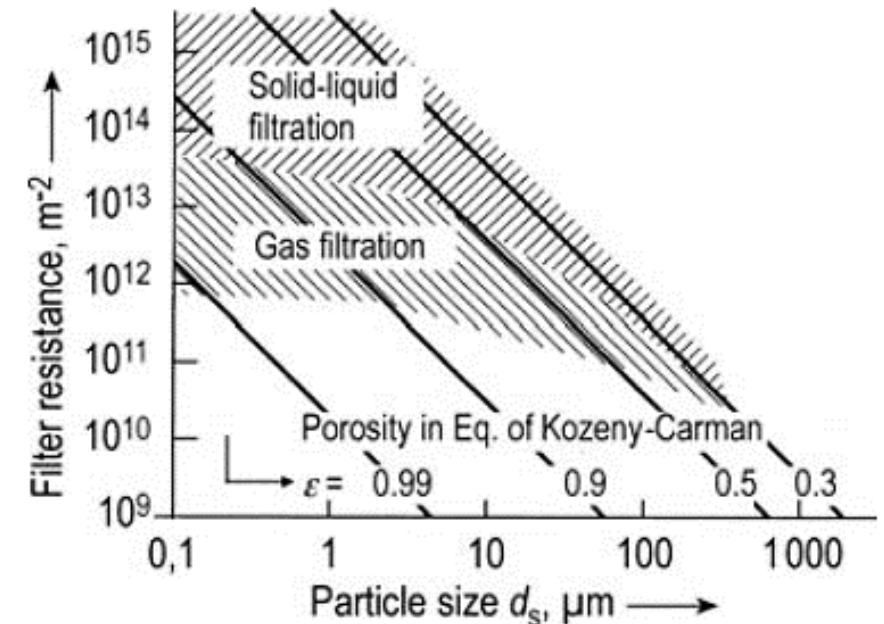
$$d_h = 4 * \frac{\epsilon}{(1 - \epsilon) * S_v}$$

ϵ - пористість середовища; S_v – питома внутрішня поверхня середовища (фільтруючого середовища), що відноситься до об'єму твердої маси.

На основі ламінарної течії всередині пористої системи з порами гідравлічного діаметру d_h можна отримати в поєднанні з рівнянням Дарсі корисне наближення для питомого опору пористого середовища:

$$\alpha_H \approx 5 * \frac{(1 - \epsilon)^2 * 36}{\epsilon^3 * d_s^2} \approx 5 * \frac{(1 - \epsilon)^2}{\epsilon^3 * S_v^2}$$

Це рівняння Козені–Кармана.



Залежність опору фільтру від розміру частинок

Діапазон звичайних значень порівнюється з розрахунковими лініями за рівнянням Кармен-Козені



Баланс твердих речовин

Маса твердих речовин у фільтрувальному осаді:

$$A L_c (1 - \epsilon) \rho_p$$

Маса рідини, що потрапила в фільтрувальний осад:

$$A L_c \epsilon \rho_f \approx \text{small}$$

Маса рідини у фільтраті = $V \rho_f$

ρ_p - густина твердих частинок $[\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}]$;

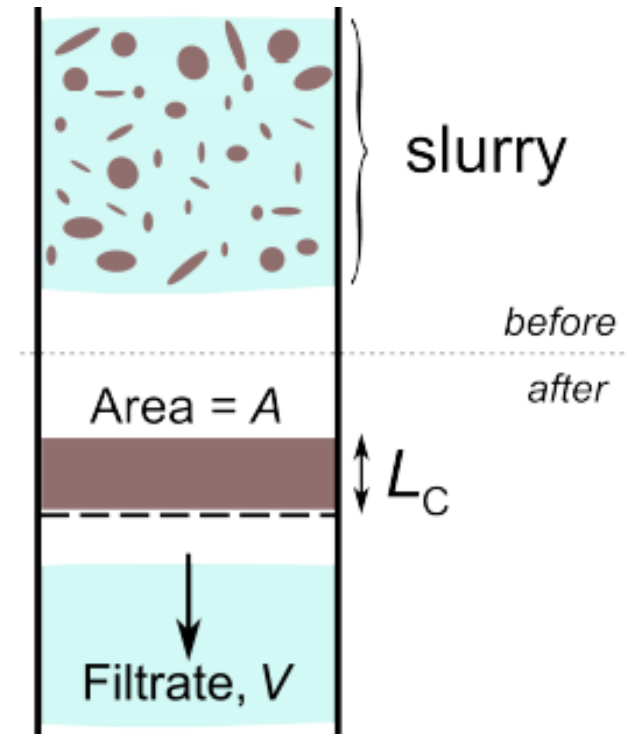
ρ_f - густина рідини $[\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}]$;

V - об'єм зібраного фільтрату $[\text{м}^3]$;

A - площа поперечного перерізу для фільтрації $[\text{м}^2]$;

Для визначення концентрації суспензії користуються рівнянням:

$$C_s = \left(\frac{\text{mass of dry solids}}{\text{volume of liquid in slurry}} \right) = \frac{\text{mass of dry solids}}{\text{volume of filtrate}} = \frac{A L_c (1 - \epsilon) \rho_p}{V}$$





Опис процесу виведення розчину через фільтр

Стандартне рівняння для руху рідини:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = v = \frac{Q}{A}$$

для заданої швидкості v і об'ємної швидкості подачі Q .

Але з рівняння Кармен-Козені:

$$\frac{-\Delta P_c}{L_c} = \frac{k_1 \mu v (1 - \epsilon)^2 S_0^2}{\epsilon^3}$$

$$v = \frac{(-\Delta P_c)(\epsilon)^3}{(\mu)(k_1)(L_c)(1 - \epsilon)^2(S_0^2)}$$

з рівняння опису C_s ми можемо отримати вираз для L_c

$$L_c = \frac{C_s V}{A(1 - \epsilon)p_p}$$

звідси слідує:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = v = \frac{(-\Delta P_c)(A)(1 - \epsilon)(\epsilon)^3}{(\mu)(C_s)(V)(1 - \epsilon)(k_1)(1 - \epsilon)(S_0^2)} = \frac{-\Delta P_c}{\mu C_s V \alpha / A}$$



Загальне рівняння фільтрування

з закону Пуазейля ми виводимо рівняння Кармен-Козені:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \frac{-\Delta P_c}{\mu C_s V \alpha / A}$$

C_s – концентрація суспензії [(кг сухих твердих речовин)/(м³ фільтрату)];

α - питома стійкість осаду [м * кг⁻¹].

Усі аспекти інженерії підпорядковуються цьому загальному закону:

$$J = \text{flux} = \frac{\text{transfer rate}}{\text{transfer area}} = \frac{\text{driving force}}{\text{resistance}}$$

включаючи рівняння фільтрації:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \frac{-\Delta P_c}{\mu C_s V \alpha / A}$$

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \frac{-\Delta P_c}{\mu R_c}$$

$$R_c = \text{resistance due to the cake} = \frac{C_s V \alpha}{A} [m^{-1}]$$



Загальне рівняння фільтрування

Загальне рівняння фільтрування виглядає наступним чином:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \left(\frac{-\Delta P_m}{\mu R_m} \text{ add with } \frac{-\Delta P_c}{\mu R_c} \right) = \frac{-\Delta P_{tot}}{\mu(R_m + R_c)},$$

R_c - опір, зумовлений осадам [м^{-1}];

R_m - опір середовища [м^{-1}];

$-\Delta P_{tot}$ - різниця тисків = $-(\Delta P_c + P_m)$ [Па].



Опис рівняння фільтрування

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \left(\frac{-\Delta P_{tot}}{\mu(R_m + C_s V_\alpha / A)} \right) = \frac{-\Delta P_{tot}}{\mu(R_m + R_c)}$$

V - об'єм зібраного фільтрату [м^3];

A - площа поперечного перерізу для фільтрації [м^2];

$-\Delta P_{tot}$ - різниця тисків = $-(\Delta P_c + P_m)$ [Па];

μ - в'язкість рідини [Па*с];

C_s - концентрація суспензії [(кг сухих твердих речовин)/(м^3 фільтрату)];

R_m - опір середовища [м^{-1}];

R_c - опір, зумовлений осадам [м^{-1}];

α - питома стійкість до осаду [$\text{м} * \text{кг}^{-1}$];

$$\alpha = ((k_1)(1 - \epsilon)(S_0^2))/((\epsilon)^3(p_p))$$

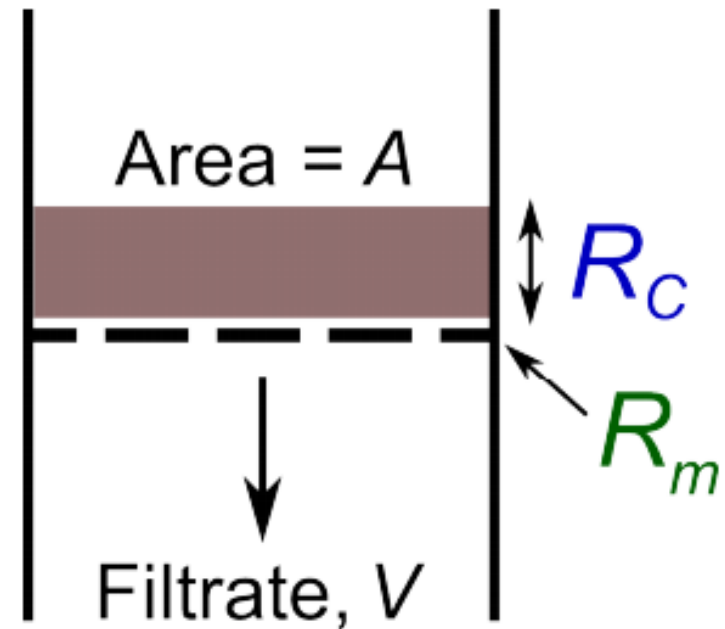


Опір фільтруючого середовища

Подібним чином, ми можемо визначити опір фільтруючого середовища:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \frac{-\Delta P_m}{\mu R_m}$$

$-\Delta P_m$ — зниження тиску в середовищі [Па];
 R_m - опір фільтруючого середовища [м^{-1}].





Рівняння фільтрування осаду

Падіння тиску у фільтрі складається зі зміни тиску Δp_1 на осаді відповідно до рівняння Дарсі і зміни тиску Δp_2 через середовище фільтрації, яке можна записати як:

$$\Delta p_2 = \beta * \eta * \left(\frac{V}{A}\right)$$

де β (одиниця m^{-1}) – опір фільтруючого середовища.

Якщо суспензію однорідно перемішати, висота осаду H (або m/A) буде пропорційна кількості фільтрату. Вплив концентрації та пористості осаду описується коефіцієнтом K_H :

$$K_H = \frac{C_v}{1 - \varepsilon} = \frac{H * A}{V}$$

$$K_m = \frac{m}{V}$$

де m являє собою масу частинок у фільтрувальному шарі, яка не залежить від пористості шару.

Для постійної швидкості потоку, де $\frac{dV}{dt} = const$ можна отримати тривіальне рівняння:

$$\Delta p = \frac{\eta V}{A} * \left(\frac{\alpha_H * K_H}{A} * V + \beta \right)$$



Константа швидкості фільтрування

З постійною швидкістю, тобто $\frac{dV}{dt}$ = стала:

$$\frac{1}{A} * \frac{dV}{dt} = \frac{1}{A} * \frac{V}{t} = \frac{Q}{A} = \frac{-\Delta P}{\mu \left(R_m + \frac{C_s V_\alpha}{A} \right)}$$

Ми можемо розв'язати рівняння для $-\Delta P$:

$$-\Delta P = \frac{\mu R_m V}{A t} + \frac{\mu C_s \alpha V^2}{t * A^2}$$

$$-\Delta P = \frac{\mu R_m Q}{A} + \frac{\mu C_s \alpha Q^2}{A^2} t$$

- Для багатьох процесів константа швидкості фільтрації є низькою;
- Описується на початку фільтрації, де графік $x = (t)$ від $y = (-\Delta P)$ є лінійним.

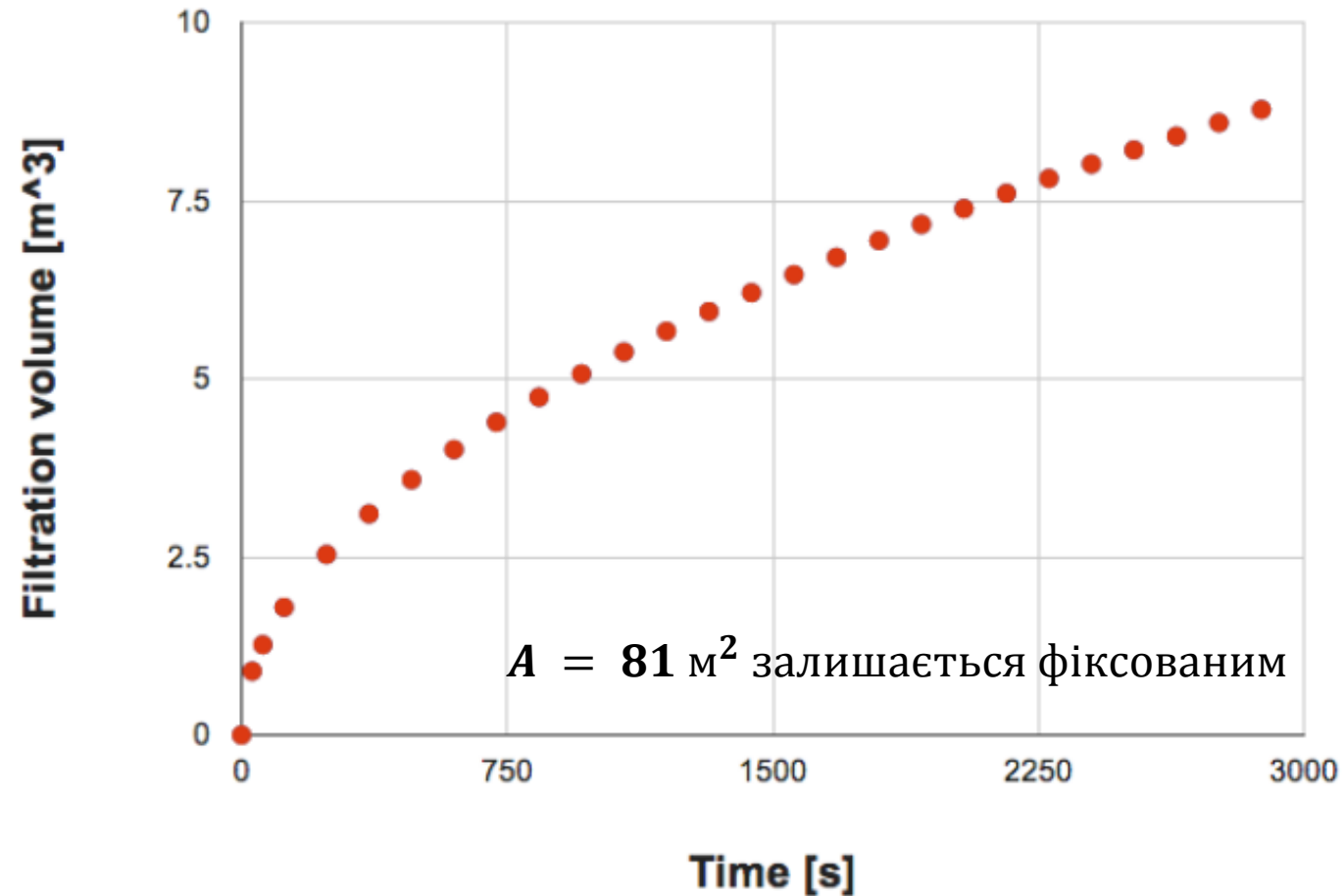


Величина тиску змінюється залежно від концентрації суспензії



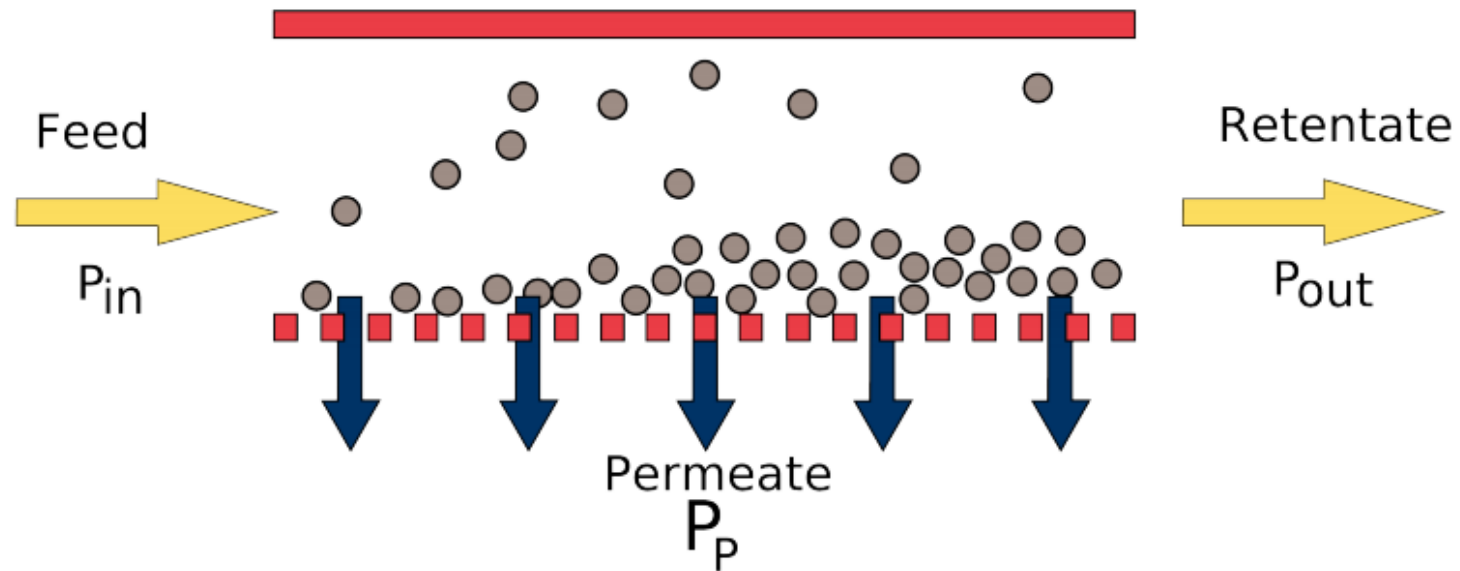


Залежність величини об'єму фільтрату від часу





Проточна фільтрація (ТПФ)



- **ТПФ** – тангенціальна проточна фільтрація (проходить паралельно середовищу);
- використовується з гелеподібними або желеподібними речовинами;
- пори менші за частинки;
- вхідний потік суспензії забезпечує зсув, щоб обмежити утворення осаду;
- зменшує опір осаду, R_c .



Характеристика і класифікація фільтрів

Типові гідравлічні характеристики процесів шарової та об'ємної фільтрації можна класифікувати за:

❖ **Швидкістю фільтрування в $\text{м}^3/\text{год}$**

Цей параметр описує кількість води ($\text{м}^3/\text{год}$), що проходить через 1 м^2 поверхні фільтра;

❖ **Інтенсивністю промивання в л/с**

Це кількість води (л/с), необхідна для промивання м^2 поверхні фільтра



Характеристика і класифікація фільтрів

Фільтрувальні матеріали можна класифікувати в залежності від якості очищеної води, продуктивності фільтра і обліку витрат:

- **Зернисті** – основними видами матеріалу є кварцовий пісок, антрацит, полістирол, відпрацьована глина, активоване вугілля та ін.
- **Сітчасті пінні** – піни різного розміру і отвори, в залежності від розміру домішок.
- **Тканинні** – бавовняні, лляні, склянні або нейлонові полотна.
- **Намивні** – очищення води здійснюється шаром деревного борошна, діатоміту, азбестового борошна, закладених в каркас з пористої кераміки, сітки чи тканинного полотна.
- **Катриджні** – синтетичні пористі елементи з дуже дрібними порами або щільним наповненням.
- **Волокнисті** – багато довгих елементів.



Характеристика і класифікація фільтрів

Зернисті фільтри – найбільш широко використовуються через їх низьку вартість і простоту в експлуатації.

Основні типи фільтрів такого роду:

- **Адгезійний** – для видалення частинок;
- **Сорбційний** – для видалення органічних речовин, наприклад смаків та запахів;
- **Іонобмінний** – для обміну аніонів і катіонів.



Властивості фільтрів

Властивості матеріалів, що використовуються в якості фільтрів, залежать від:

- **Швидкості фільтрації**, м/год – повільні (0.1-0.2), швидкі (5.5-15), дуже швидкі (>25);
- **Розміру частинок наповнювача** – дрібнозернисті (0.3-1 мм), середньозернисті (0.5 -0.8 мм), грубозернисті (1-2 мм);
- **Кількості фільтруючих шарів** – одношарові, багатошарові;
- **Витрат води** – однопотокові, двопотокові;
- **Тиску** – високий тиск, атмосферний тиск;
- **Напрямку фільтруючого потоку** – вертикальний підйомний і спадний, горизонтальний (включаючи радіальний);
- **Наповнювача** – важчий за воду або плаваючий.



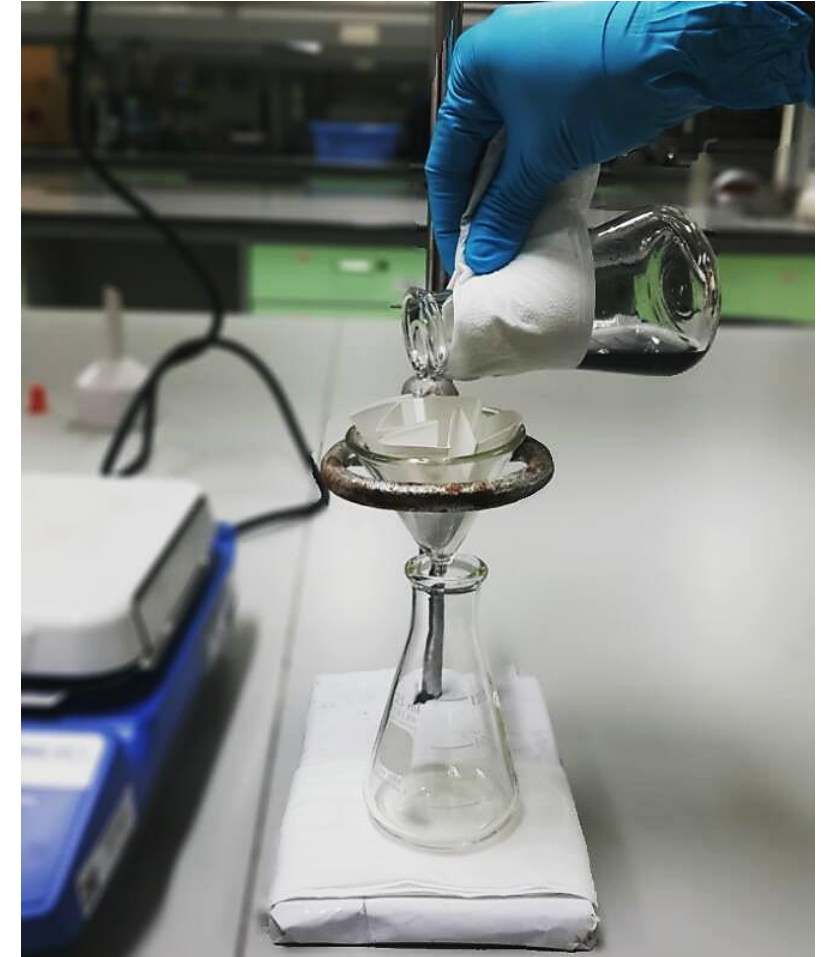
Методи фільтрування



Речовина, яка може пройти через фільтр, повинна бути рідиною або газом.

Існує кілька методів лабораторної фільтрації залежно від бажаного результату, а саме: **гаряча, холодна та вакуумна фільтрація.**

Метод гарячого фільтрування в основному використовується для відділення твердих речовин від гарячого розчину. В результаті апарат і розчин, що використовується, нагріваються, щоб запобігти швидкому зниженню температури, що, у свою чергу, призведе до кристалізації твердих речовин у лійці. Однією з найважливіших заходів для запобігання утворенню кристалів у лійці та ефективної гарячої фільтрації є використання лійки без фільтру.

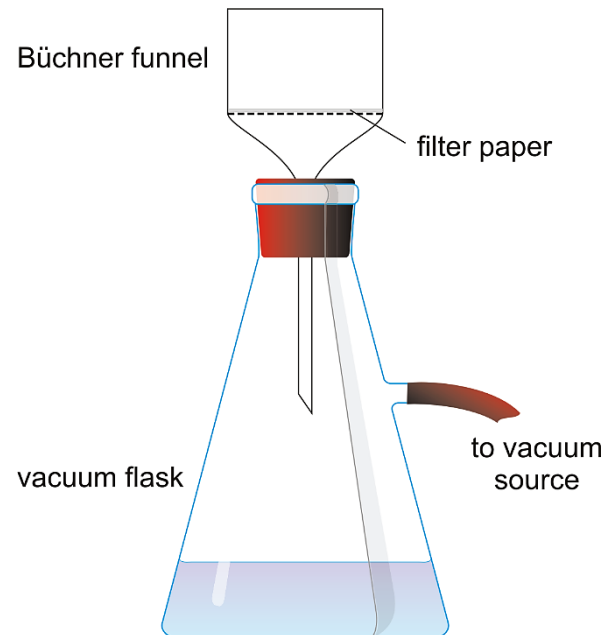




Методи фільтрування



Метод холодного фільтрування – це метод використання крижаної бані для швидкого охолодження розчину, який підлягає кристалізації, замість того, щоб залишати його для повільного охолодження при кімнатній температурі. Цей метод призводить до утворення дуже маленьких кристалів, а не до отримання великих кристалів шляхом охолодження розчину при кімнатній температурі.



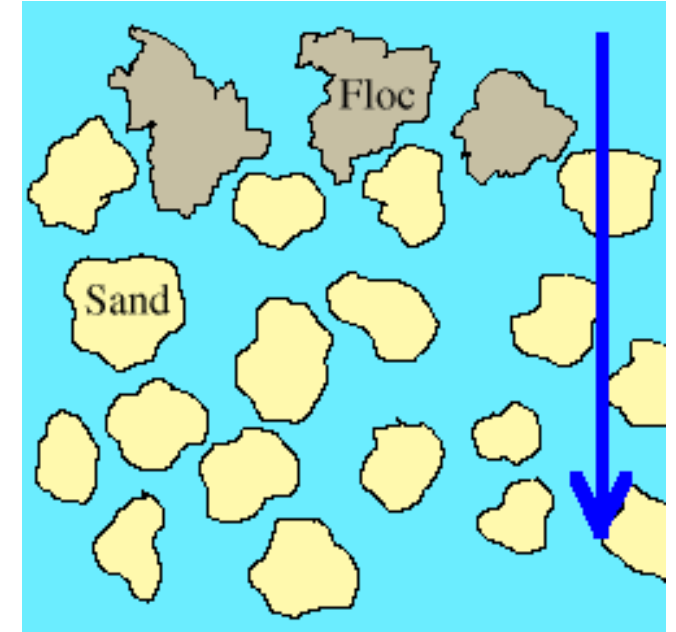
Вакуумне фільтрування є найкращим методом для фільтрування невеликих об'ємів розчину та швидкого висихання дрібних кристалів. Цей метод вимагає використання лійки Бюхнера, фільтрувального паперу меншого діаметру, ніж лійка, колби Бюхнера та гумової трубки для підключення до джерела вакууму.



Фільтрування гранульованим середовищем

Фільтр для гранульованого середовища складається з прямокутної бетонної конструкції, утвореної з піску або суміші піску, антрациту та активованого вугілля. Носій підтримується шаром гравію. Під гравієм знаходиться дренажна система для відведення фільтрувальних стоків, які називаються **фільтратом**.

Протягом перших 10-15 хвилин фільтрації спостерігається дещо висока каламутність. Цей період відомий як **період дозрівання**, після якого фільтрація є ефективною. Коли поверхня нарощується надто багато, а фільтраційні проміжки закупорюються, швидкість фільтрації зменшується. На цьому етапі фільтр потребує зворотного промивання.



Зворотне промивання – це видалення відфільтрованої каламуті шляхом реверсування потоку через фільтр. Період часу від початку фільтрації до промивання фільтра називається **пробігом фільтра**. Період від початку фільтрації до кінця зворотного промивання називається **циклом фільтрації**.

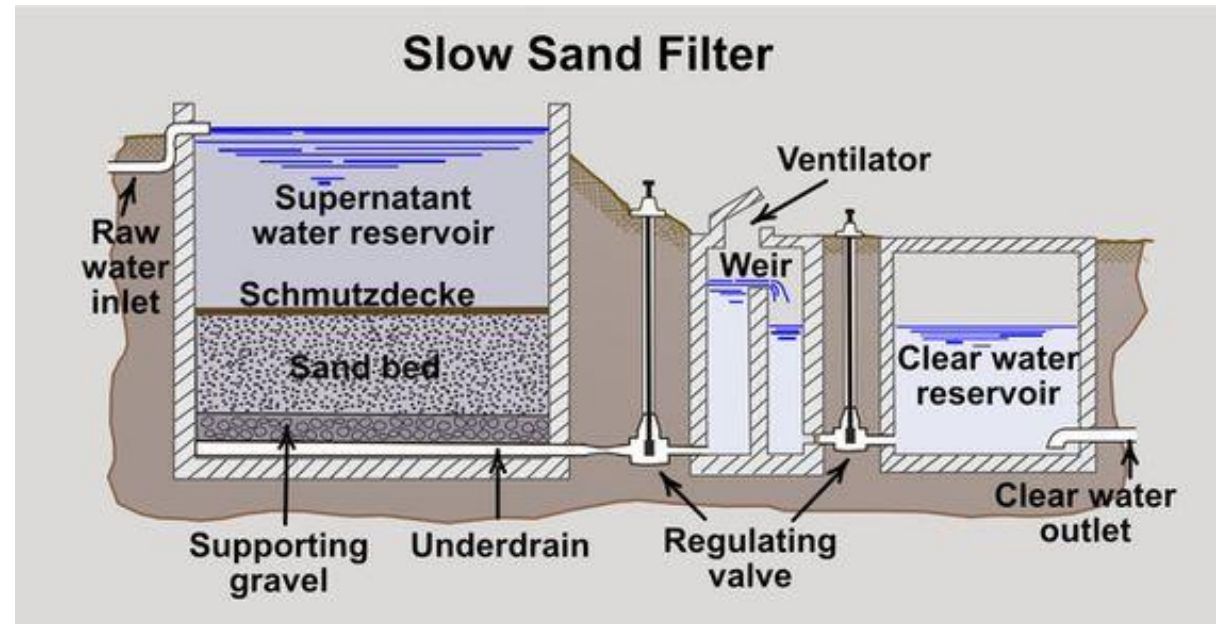


Повільна піщана фільтрація

Повільна піщана фільтрація добре підходить для невеликих водних об'єктів. Це ефективний процес фільтрування з відносно низькими витратами на будівництво та низькими експлуатаційними витратами. Швидкість фільтрування зазвичай знаходиться в діапазоні від 45 до 150 галонів на квадратний фут за добу.

Компоненти піщаного фільтру включають:

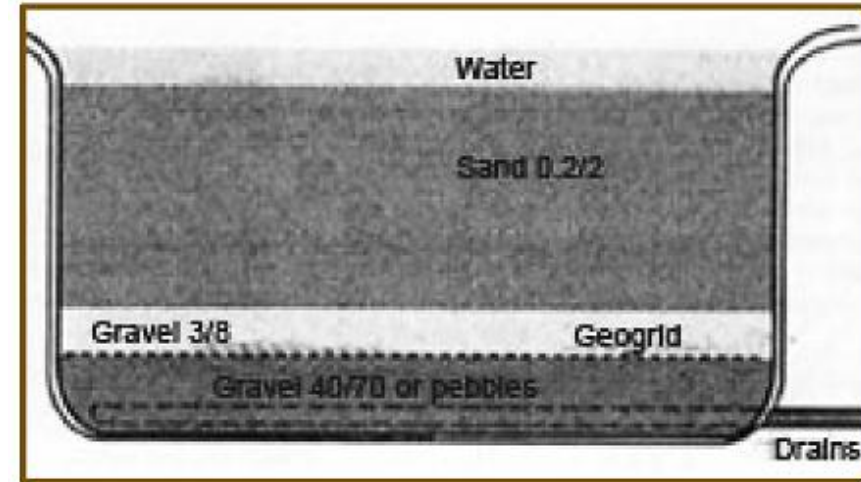
- Конструкція для утримання фільтруючого матеріалу;
- Дренажна система;
- Градуїрована порода, яка розміщена навколо та безпосередньо над дренажем;
- Фільтрувальний матеріал, що складається з піску від 30 до 55 дюймів з розміром частинок від 0.25 до 0.35 мм;
- Вхідний і вихідний трубопроводи для транспортування води до фільтру і від нього, а також засоби для зливу фільтрованої води у відходи.





Повільна піщана фільтрація

- Повільна піщана фільтрація є найстарішим методом очищення води.
- Добре сконструйований і повільний піщаний фільтр ефективно видаляє помутніння та патогенні мікроорганізми за допомогою різних біологічних, фізичних та хімічних процесів за один етап обробки.
- Системи повільної піщаної фільтрації характеризуються надійністю та досить низькою вартістю. Конструкція, експлуатація та технічне обслуговування цієї фільтраційної системи вимагають лише базових навичок.





Повільна піщана фільтрація

Переваги:

- Дуже ефективно видалення бактерій, вірусів, помутніння та важких металів із забрудненої сирової води;
- Простота конструкції та виконання експерименту;
- Процес не вимагає використання електричних насосів;
- Для будівництва можна використовувати звичайні матеріали;
- Висока надійність і здатність протистояти коливанням якості води. Немає необхідності в застосуванні хімікатів;
- Легкий монтаж у сільській, напівміській та віддалених регіонах;
- Тривалий термін служби (за оцінками експертів більше 10 років).



Повільна піщана фільтрація

Недоліки:

- Необхідний постійний потік прісної води: (мутність < 20 одиниць) та низька концентрація водоростей.
- Низькі температури знижують ефективність процесу через зниження біологічної активності.
- Втрата продуктивності протягом тривалого періоду фільтрації.
- Потрібне регулярне технічне обслуговування. Деякі хімічні сполуки (наприклад, фтор) не видаляються.
- Природні органічні речовини, які не повністю видалені, призводять до утворення побічних хлорпохідних продуктів, якщо хлор використовується для остаточної дезінфекції.
- Велика площа поверхні вимагає великої кількості піску та ручної праці для прибирання.



Швидка піщана фільтрація

Швидкий піщаний фільтр, який подібний до повільного пісочного фільтру, є одним з найбільш широко використовуваних фільтруючих установок. Основна відмінність полягає в принципі роботи; у швидкості, з якою вода проходить через середовище. Під час роботи вода проходить вниз через піщаний шар, який видаляє завислі частинки. Середовищем може бути дрібний пісок або суміш піску, антрацитового вугілля та вугілля. Завдяки конструкції швидкої фільтрації піску зменшується площа поверхні, необхідна для фільтрації такої ж кількості води.

Компоненти конструкції швидкого піщаного фільтру включають:

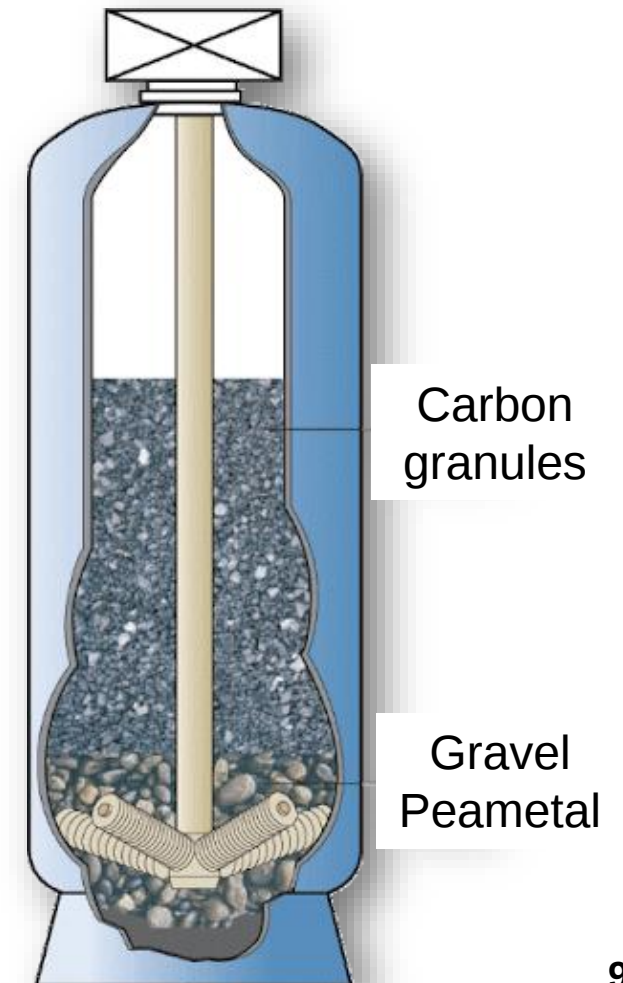
- Структуру для розміщення наповнювача;
- Фільтрувальні засоби;
- Дренажна система;
- Клапани і система трубопроводів;
- Система зворотного промивання фільтру;
- Система утилізації відходів.





Фільтри з гранульованим активованим вугіллям (GAC).

- Фільтри з гранульованим активованим вугіллям (GAC) мають шар активованого вугілля поверх антрациту або піску.
- Активоване вугілля адсорбує різні забруднення, такі як органічні речовини, що викликають смак, запах.
- GAC легший за пісок або антрацит і має ефективний розмір від 0.55 до 0.65 мм.
- Фільтри мають проблему втрати вуглецю під час зворотного промивання; тому зворотне промивання належним чином контролюється, щоб запобігти надмірній втраті GAC.
- Зазвичай зворотна промивка викликає від 1 до 6 відсотків втрати GAC на рік.





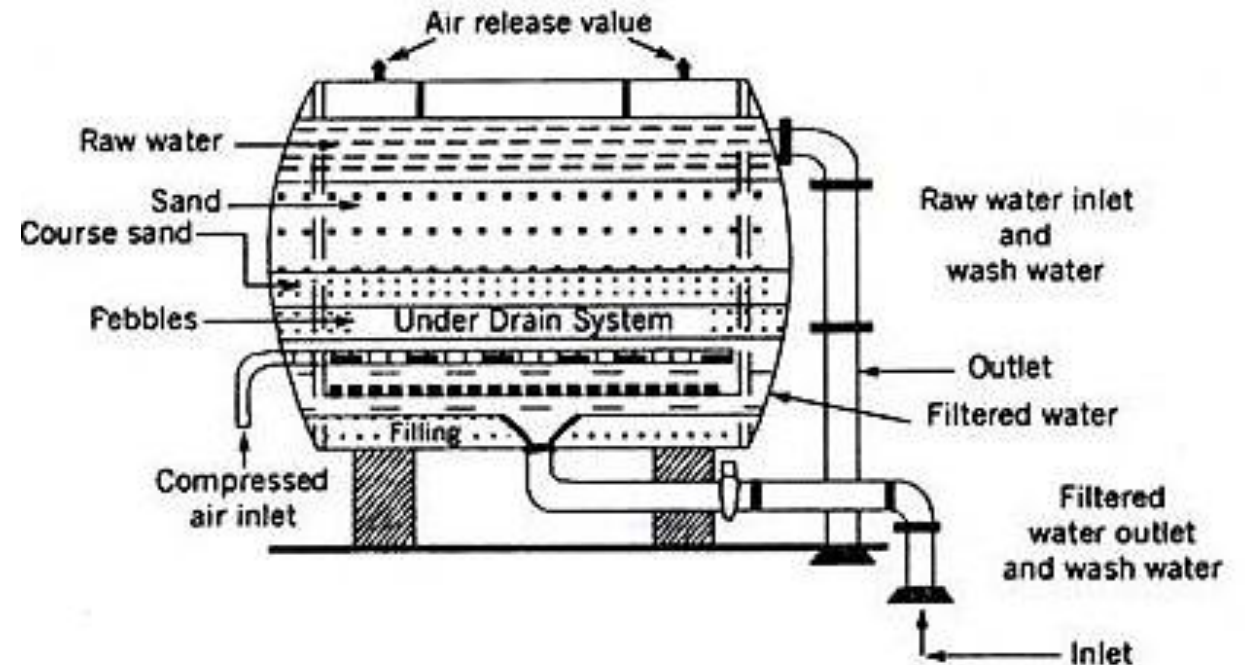
Система напірних фільтрів

У напірних фільтрах середовище міститься в циліндричному сталевому резервуарі, і вода під тиском пропускається через фільтр.

Середовище - це пісок або діатомова земля.

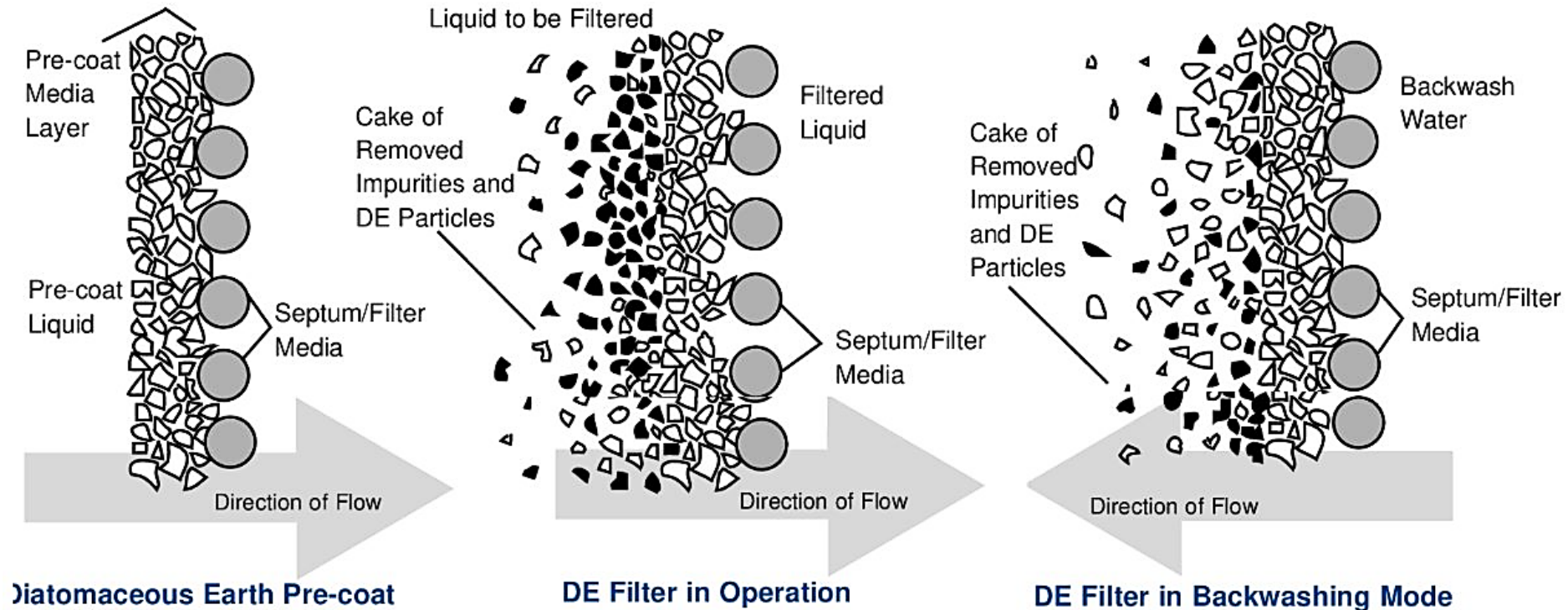
Напірні фільтри ефективні для видалення заліза, мангану і для фільтрації води з колодязів. Вони можуть бути розміщені безпосередньо в трубопроводі зі свердловини або насоса з невеликими втратами напору.

Функціонально однаковий і складається з компонентів, подібних до компонентів швидкого пісочного фільтру, основна відмінність полягає в тому, що весь напірний фільтр міститься в посудині під тиском. Ці блоки часто є високоавтоматизованими і зазвичай купуються, як автономні блоки з усіма необхідними трубопроводами, системами керування та обладнанням, які містяться в одному блоці.





Фільтр з діатоміту



Діатоміт - це білий матеріал, виготовлений із залишків діатомових водоростей. Ці водорості змішуються з водною суспензією і подаються на тонкий екран, який називається перегородкою, зазвичай з нержавіючої сталі або пластику. Суспензія подається зі швидкістю 0.2 фунта/фут² площі фільтру. Діатомові водорості збираються в попередній шар над перегородкою, утворюючи надзвичайно тонкий екран. Діатомові водорості безперервно живляться сирогою водою, викликаючи утворення фільтрувального осаду товщиною приблизно від 1/8 до 1/5 дюйма.

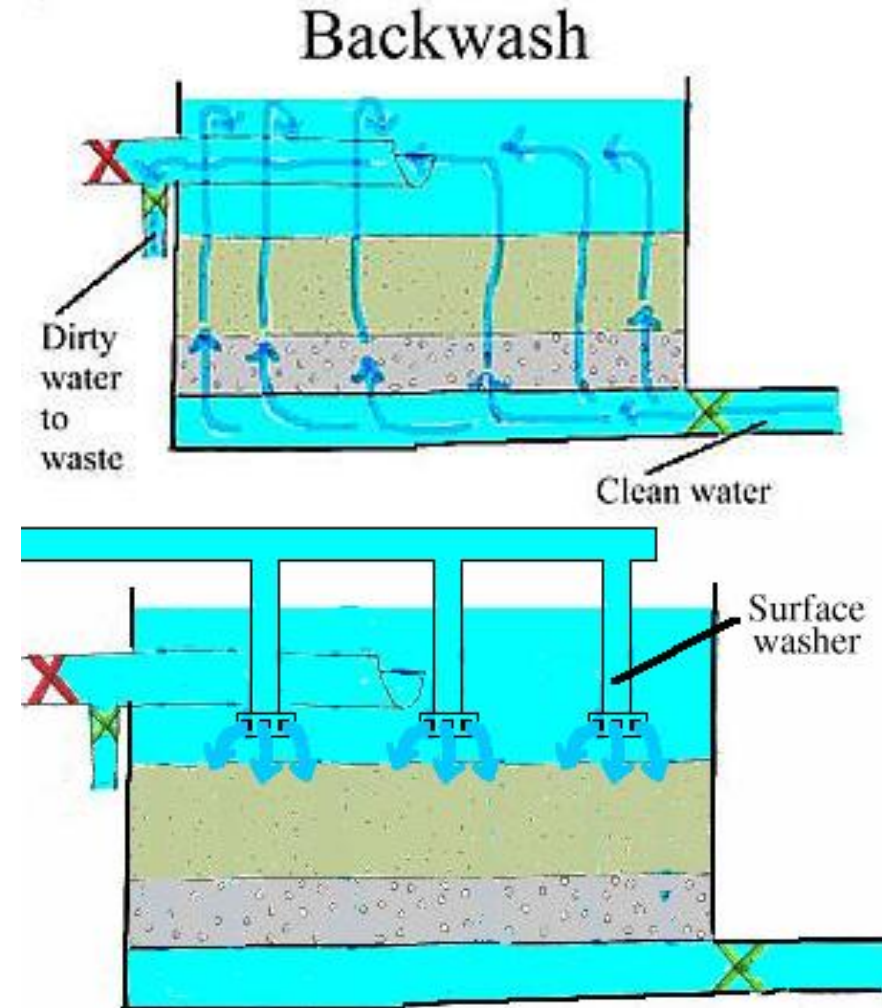


Зворотне промивання



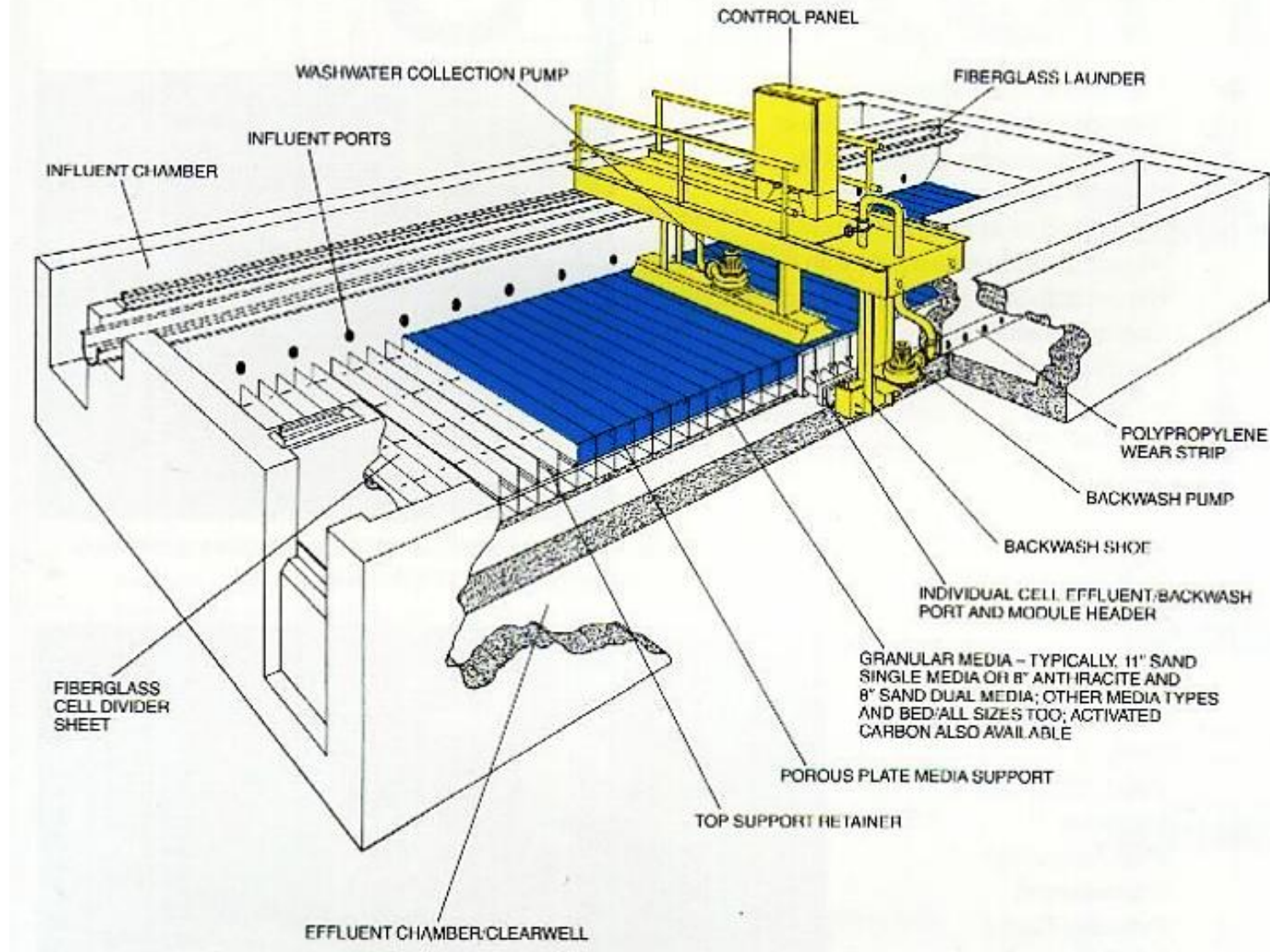
Стандартного критерію зворотного промивання фільтру не існує. Здебільшого, це визначається продуктивністю фільтру від помутніння стоків, втрати напору та роботи фільтру. Каламутність повинна не перевищувати 0.1 NTU, втрата напору не повинна перевищувати 6 футів, а робота фільтру не довше 24 годин.

Для зворотного промивання фільтра закривається впускний клапан і відкривається спускний. Насос зворотного промивання перекачує очищену воду із системи назад через шар фільтру. Брудна промивна вода збирається промивними каналами і може бути перероблена або відстоятися в резервуарі, ставку чи басейні. Вода зворотного промивання повинна мати достатню швидкість і об'єм, щоб перемішувати пісок і виносити сторонні речовини, які там зібралися. Зворотне промивання зазвичай займає близько 10 хвилин, хоча час залежить від тривалості роботи фільтру та кількості матеріалу, який потрібно видалити.





Автоматичний фільтр зворотного промивання





Автоматичний фільтр зворотного промивання





Фактори, що впливають на фільтрування гранульованим середовищем:

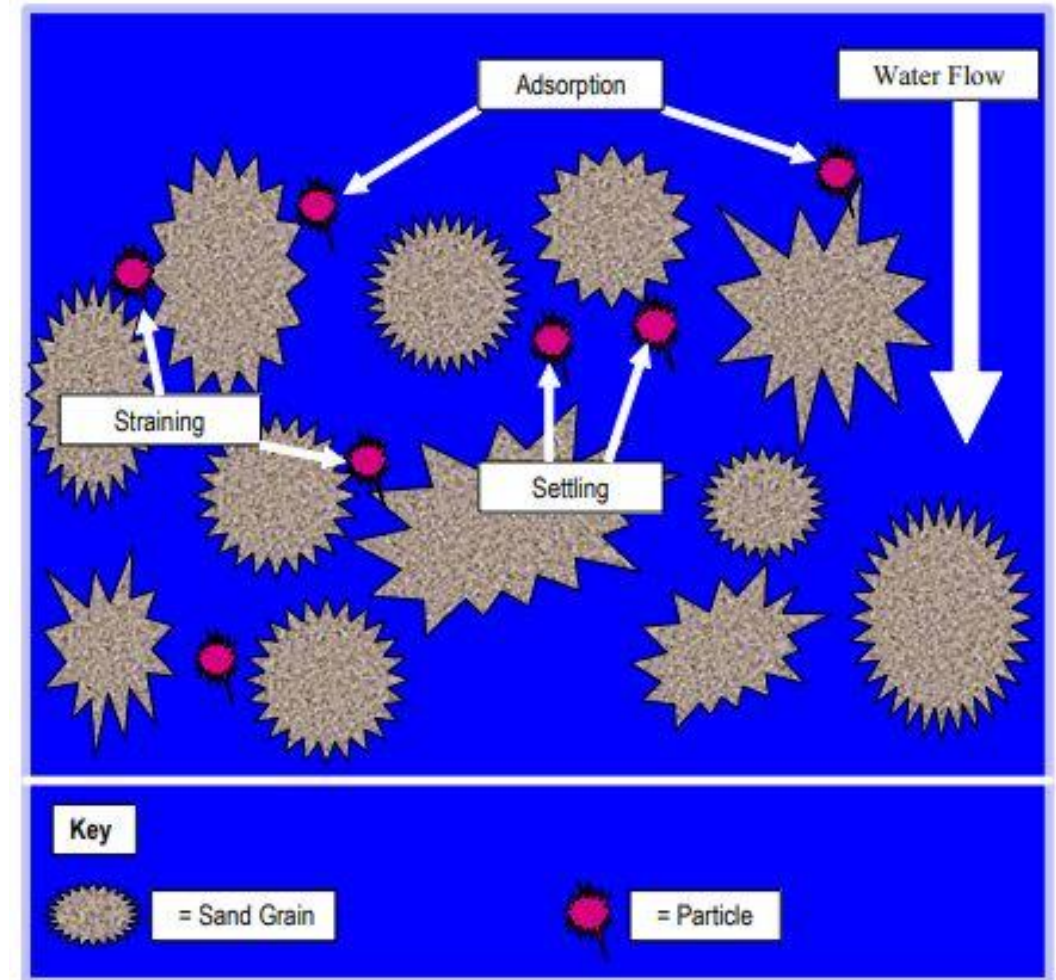
- **Помутніння.** Чим менше помутніння в фільтрі, тим довший час роботи фільтру і кращі характеристики.
- **Глибина.** Чим глибший шар, тим ефективніше фільтрування.
- **Зворотне промивання.** Правильна зворотна промивка є важливим фактором правильної роботи фільтру.
- **Швидкість фільтрування.** Чим більше навантаження, тим коротший термін роботи фільтру, і фільтр менш ефективний.
- **Температура.** Чим вища температура, тим краща продуктивність.
- **Стійкість води.** В установках для пом'якшення води більш високий рН (вище 9.3), вміст карбонату кальцію у воді може викликати осадження карбонату кальцію на частинках середовища.
- **Полімерна доза.** Невелика доза (0.5-0.75 мг/л) полімеру допомагає утворити мікрофлоктації, щоб прискорити фільтрування.



Мембранне фільтрування

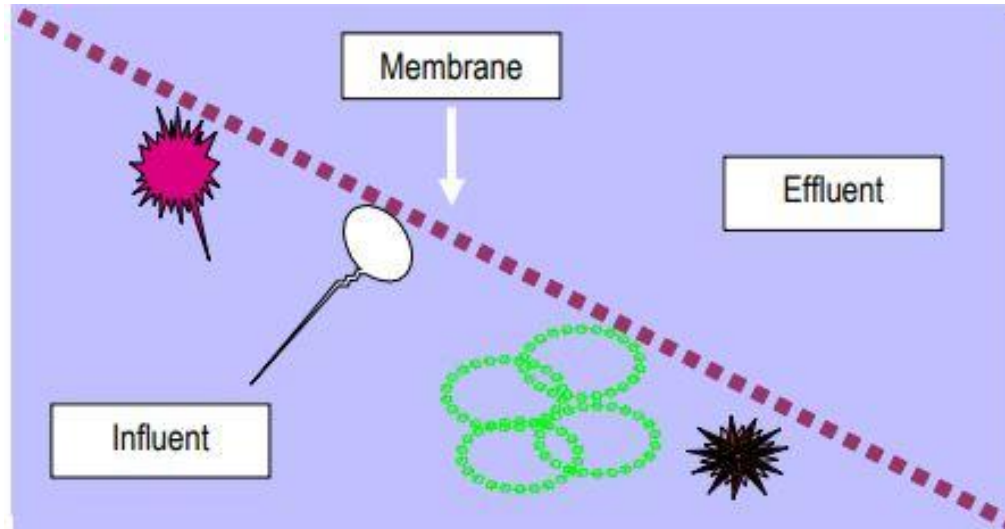
Мембранне фільтрування – це сфера очищення води, яка швидко розширюється. Існує багато різних типів фільтрів, доступних у широкому діапазоні розмірів пор і конфігурацій. Крім того, існує безліч можливих застосувань для мембранної фільтрації, починаючи від видалення відносно великих частинок матеріалу до видалення розчинених сполук.

Мембрана - це напівпроникний тонкий шар матеріалу, здатний відокремлювати забруднювачі в залежності від їх фізичних/хімічних характеристик. Матеріал, який пройде через мембрану, визначається розміром і хімічними характеристиками мембрани та матеріалу, що фільтрується.





Мембранне фільтрування

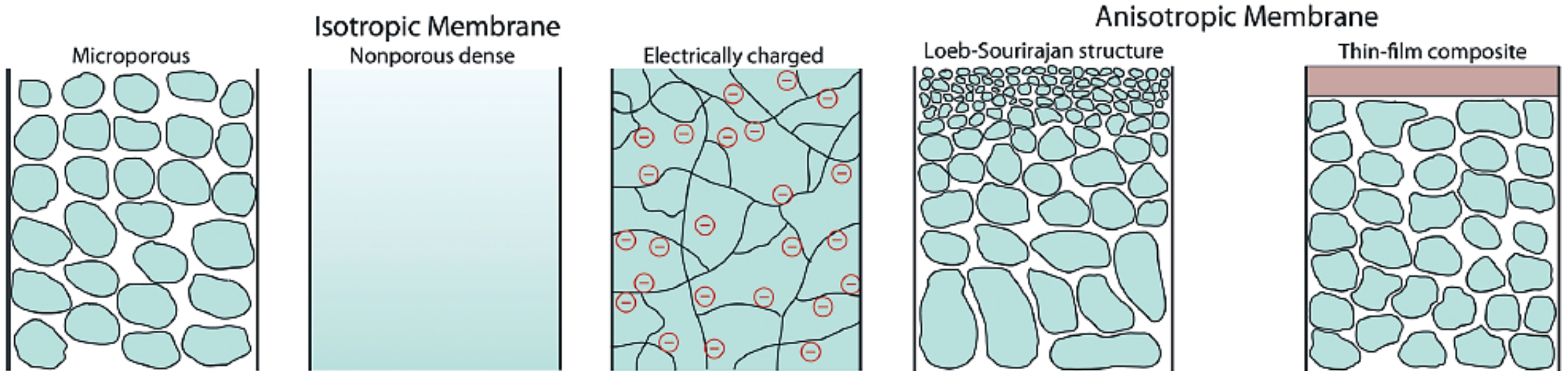


Звичайне фільтрування полягає в ряді механізмів для видалення частинок і розчиненого матеріалу з фільтру; цими механізмами є **адсорбція, осідання та напруження**.

Мембранне фільтрування - це механічний бар'єр, який використовує механізм напруження лише для видалення забруднень з води. Якщо бар'єр не пошкоджений, через фільтр не можуть пройти жодні частинки, розмір яких перевищує розмір пор мембрани.



Мембранне фільтрування



Ілюстрація різних класів мембран. Ізотропні мембрани мають хімічно однорідний склад, тоді як анізотропні мембрани гетерогенні, як хімічно, так і структурно.



Мембранне фільтрування

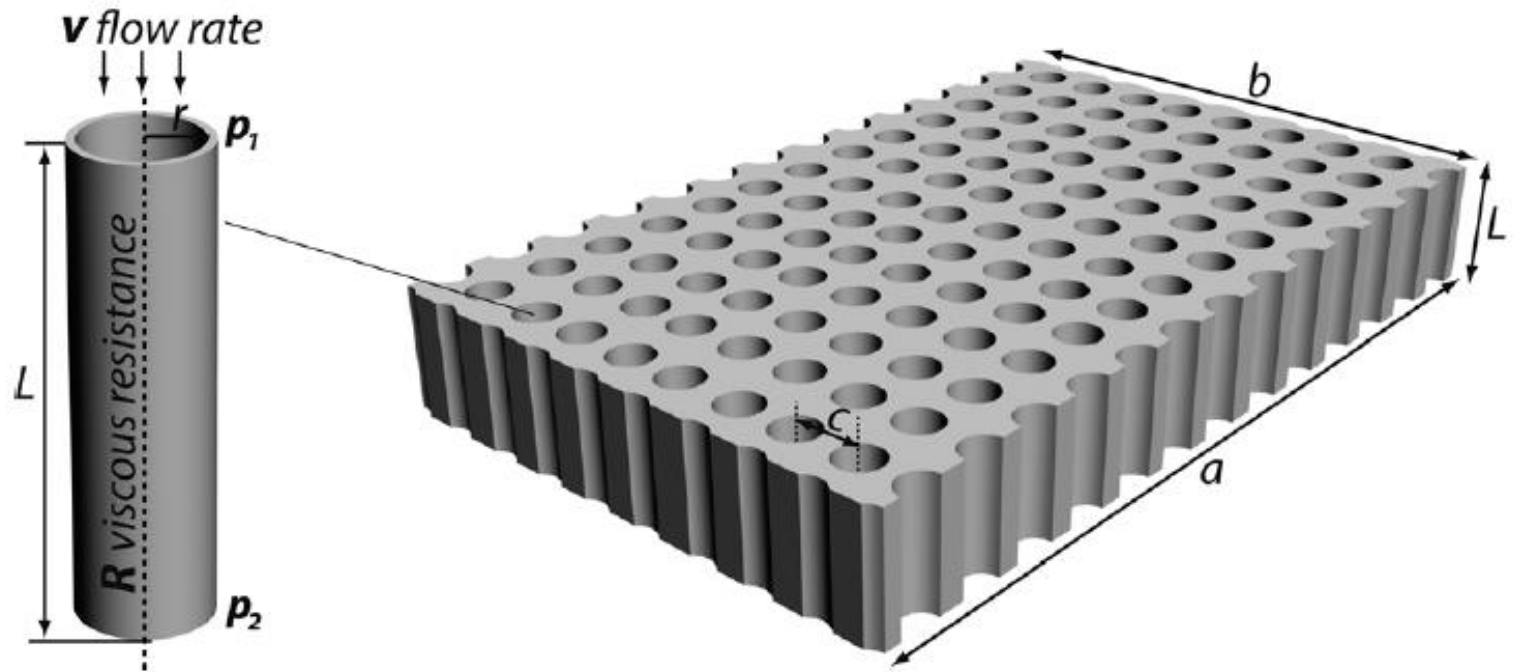
У разі циліндричної порової структури для характеристики швидкості потоку використовується **рівняння Гагена–Пуазейля**, що описує ламінарний потік у трубі:

$$v = \frac{\Delta p}{R}$$

де R - в'язкий опір уздовж труби,

$$R = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$$

де L , r і η — довжина, радіус трубки та в'язкість рідини відповідно.

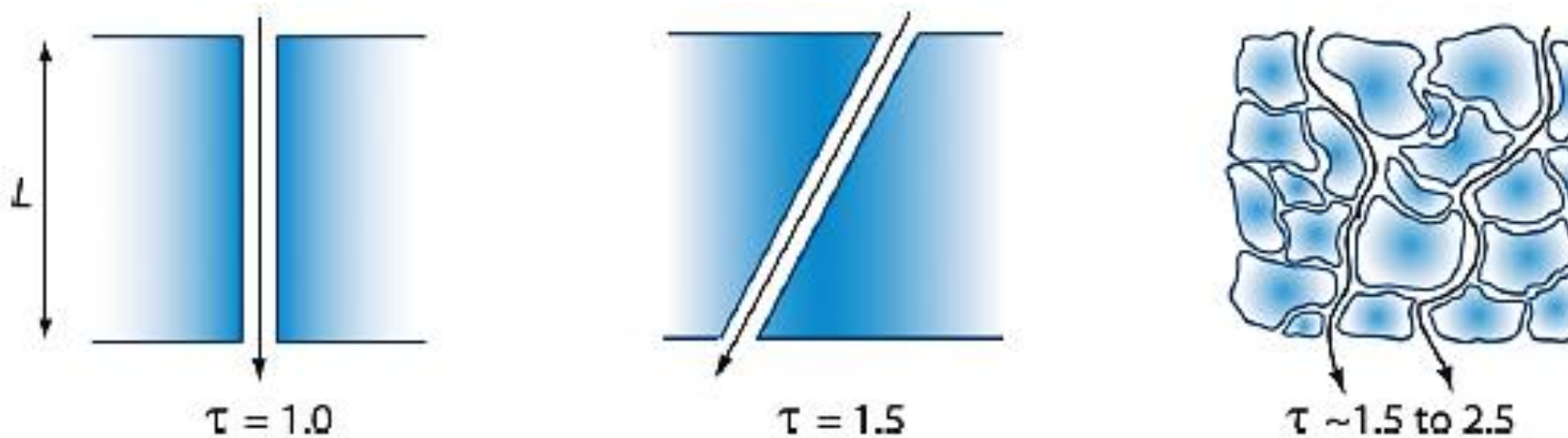


Пориста мембрана, що складається з циліндричних капілярів.



Мембранне фільтрування

Звивистість визначається, як відношення середньої довжини звивистого шляху, який рідина повинна пройти, через мембрану, до товщини мембрани. Наприклад, на рисунку показано схематичне зображення паралельної циліндричної порової структури, яка має звивистість, що дорівнює одиниці. Більшість мембран мають звивистість від 1.5 до 2.5.



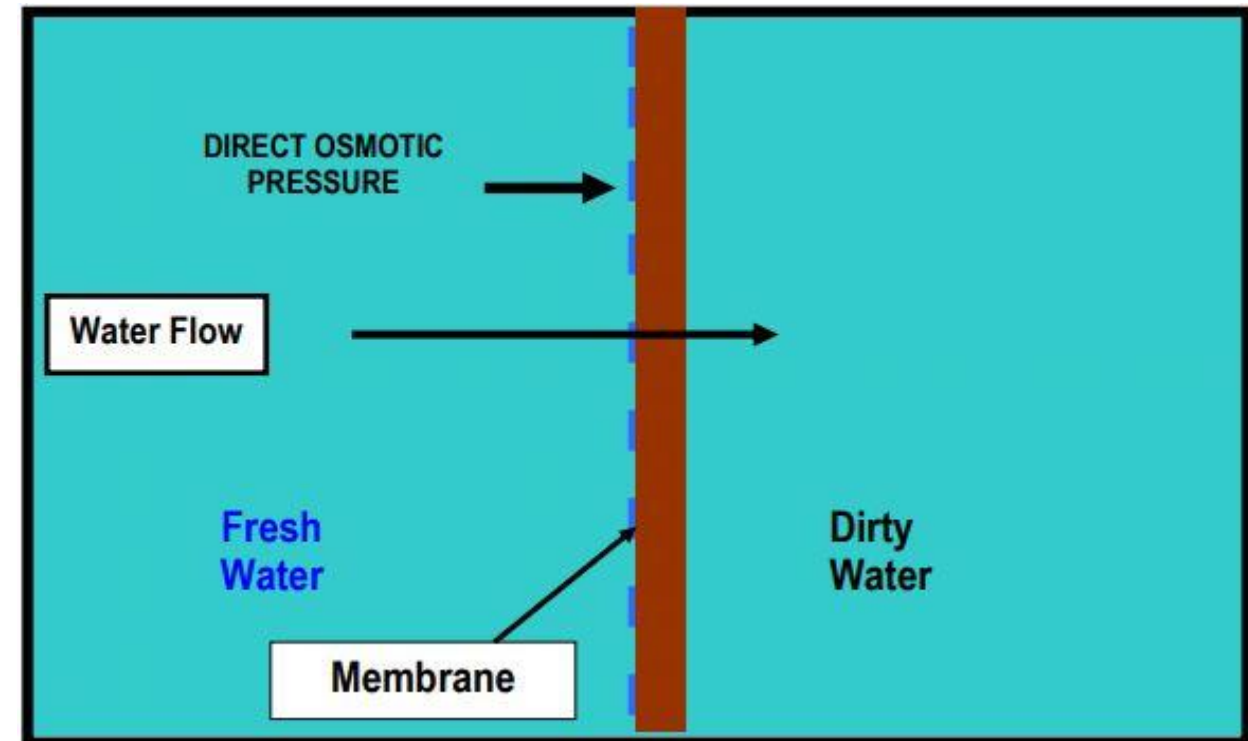
Схематична ілюстрація пористих мембран з різною звивистістю (τ).



Принципи мембранного фільтрування

Мембранне фільтрування — це механічна фільтрація, яка наближається до створення абсолютного бар'єру для проходження твердих частинок, як і будь-яка технологія, доступна в даний час для обробки води. Щоб зрозуміти концепцію мембранної обробки, необхідно обговорити концепцію осмосу.

Осмос — це природне явище, яке описує тенденцію розбавлення брудної води чистою, вони поміщаються через проникну мембрану один від одного. Зрештою, концентрація компонентів у воді на «брудній» стороні мембрани буде дорівнювати концентрації складових на чистій стороні мембрани.



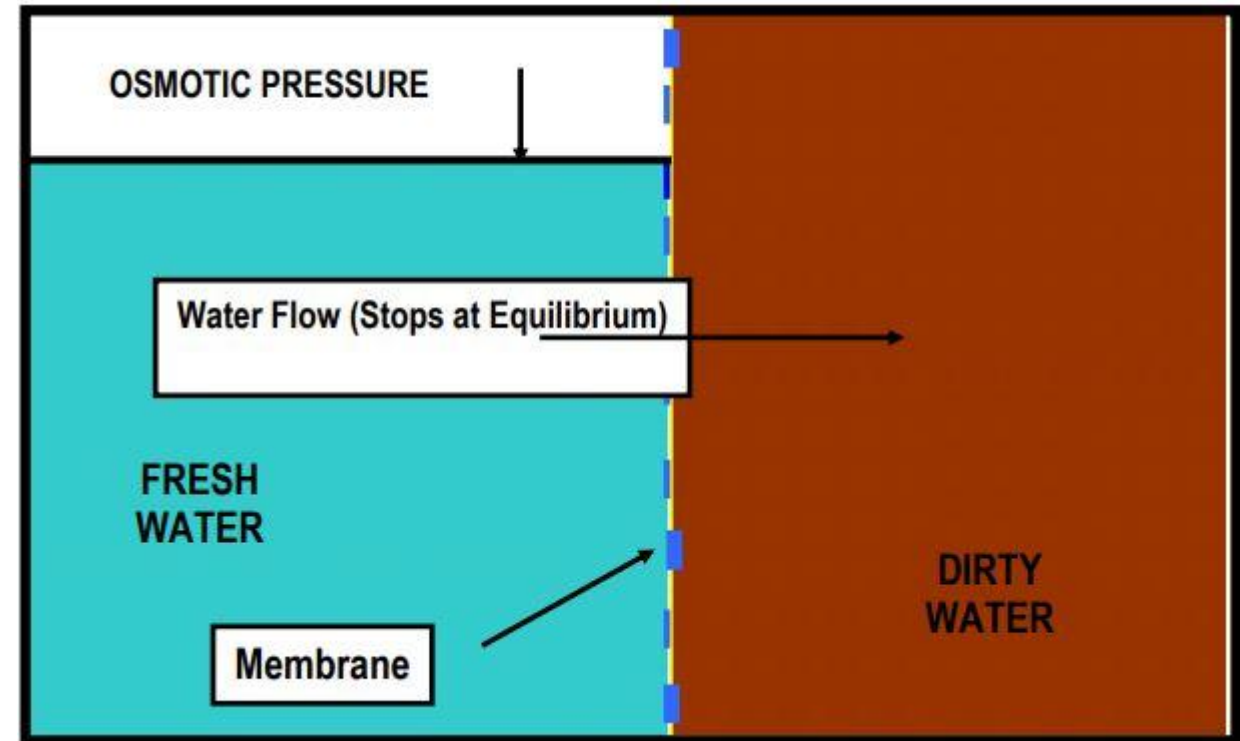


Принципи мембранного фільтрування

Осмотичний тиск - це тиск, який створюється різницею в концентрації складових по обидва боки мембрани, і цей тиск керує процесом осмосу.

Осмотичний тиск штовхає потік прісної води до брудної сторони. Коли концентрація компонентів на кожній стороні мембрани досягає рівноваги, осмотичний тиск стає нульовим, і потік припиняється.

Осмоз не є бажаним з точки зору обробки води, оскільки мета очищення полягає в отриманні прісної води, а не в розбавленні брудної води прісною.

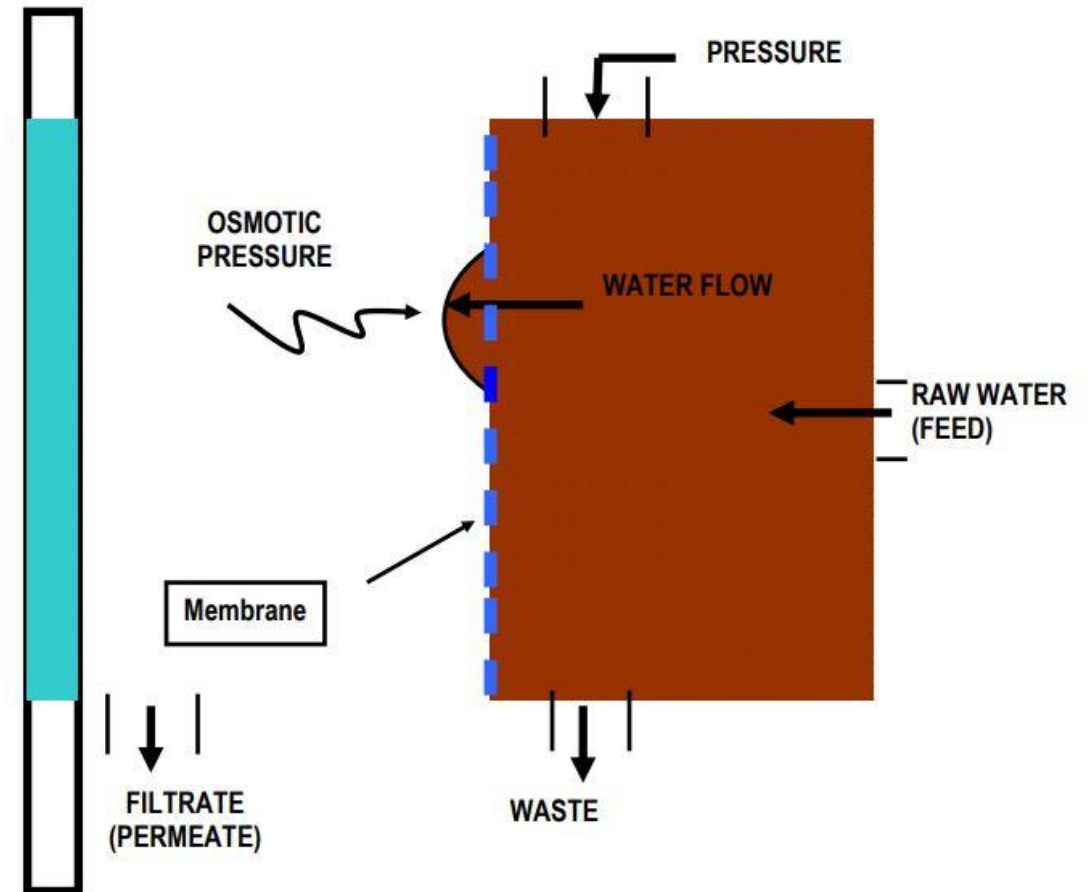




Принципи мембранного фільтрування

Зворотний осмос (ЗО) – це процес проштовхування води з брудної сторони через мембрану в сторону чистої води, залишаючи небажані компоненти на самій мембрані.

Працюючи в системі, протилежному її «нормальному» напрямку, прісну воду можна отримувати з сирої води. Небажані компоненти осідають на поверхні мембрани і в кінцевому підсумку закупорять її.





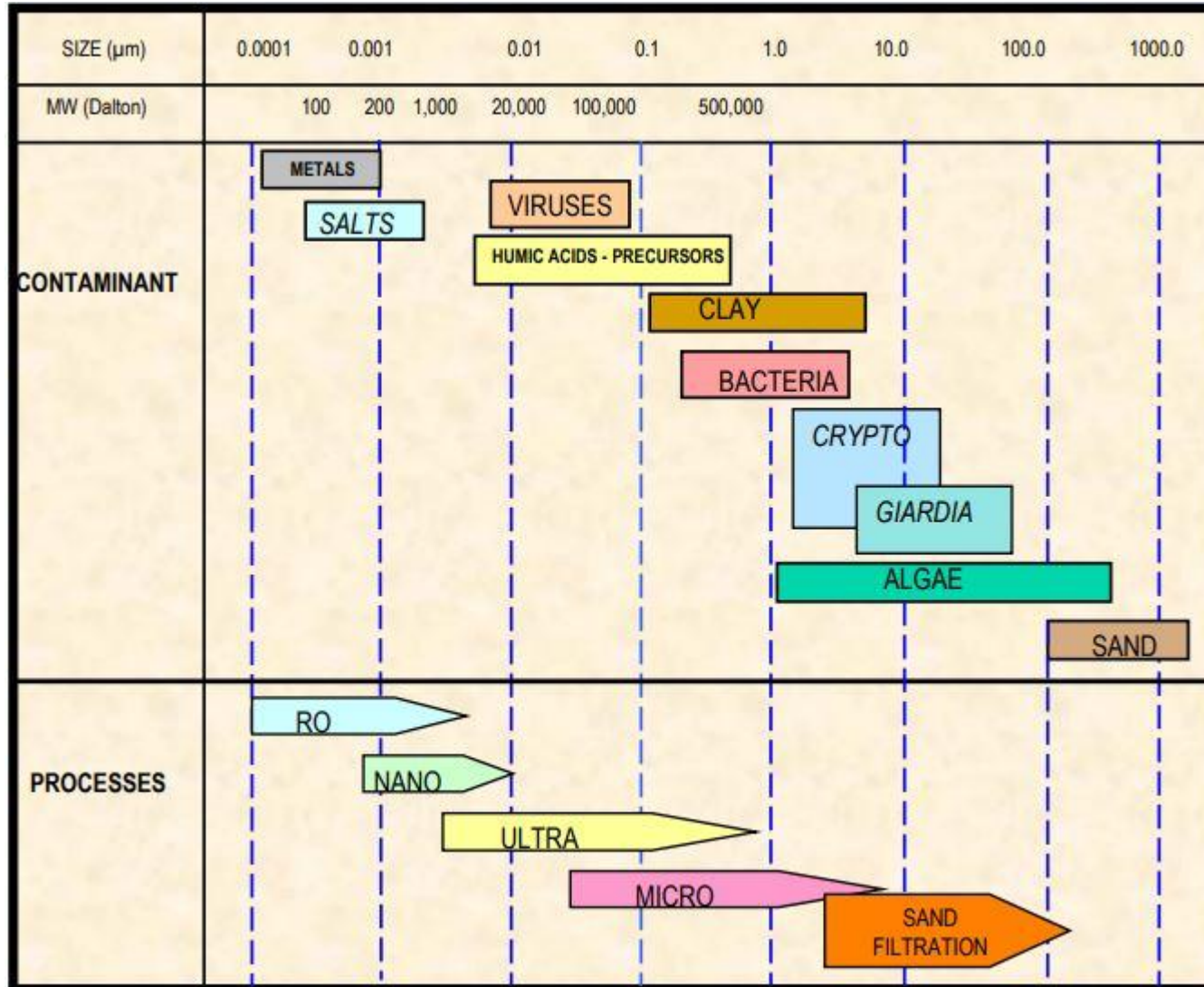
Порівняння рівнів мембранного фільтрування

Мембрани використовуються для видалення забруднюючих компонентів з води. Для видалення мікробіологічних забруднень використовуються мембранні фільтри. Навіть сама велика мембрана видалить *Giardia cysts* і *Cryptosporidium oocysts*, але якщо потрібно видалити віруси, слід використовувати більш щільну мембрану.

Існує чотири рівні мембранної фільтрації: **мікрофільтрація**, **ультрафільтрація**, **нанофільтрація** та **зворотний осмос**. Кожен рівень описується діапазоном розмірів пор і використовується для видалення забруднень певного розміру.

Comparison of Membrane Filtration Levels				
Filtration Level	Microfiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Reverse Osmosis
Pore Size Range	0.05 - 1.0 μm	0.005 - 0.5 μm	0.0005 - 0.01 μm	0.0001 - 0.001 μm
Target Contaminants	Particulate material like algae, <i>Giardia</i> , <i>Crypto</i> , bacteria, and clays	All substances removed by microfilters plus humic acids and some viruses	All substances removed by microfilters and ultrafilters plus dissolved metals and salts	All substances removed by microfilters, ultrafilters, nanofilters plus smaller dissolved metals and salts

μm - це мікрон, що становить одну мільйонну частинку метра, також відомий, як мікрометр.



На фото показано, який процес можна використовувати для конкретного забруднювача.

Нанофільтрація зазвичай має найвищий робочий тиск серед інших мембранних процесів.

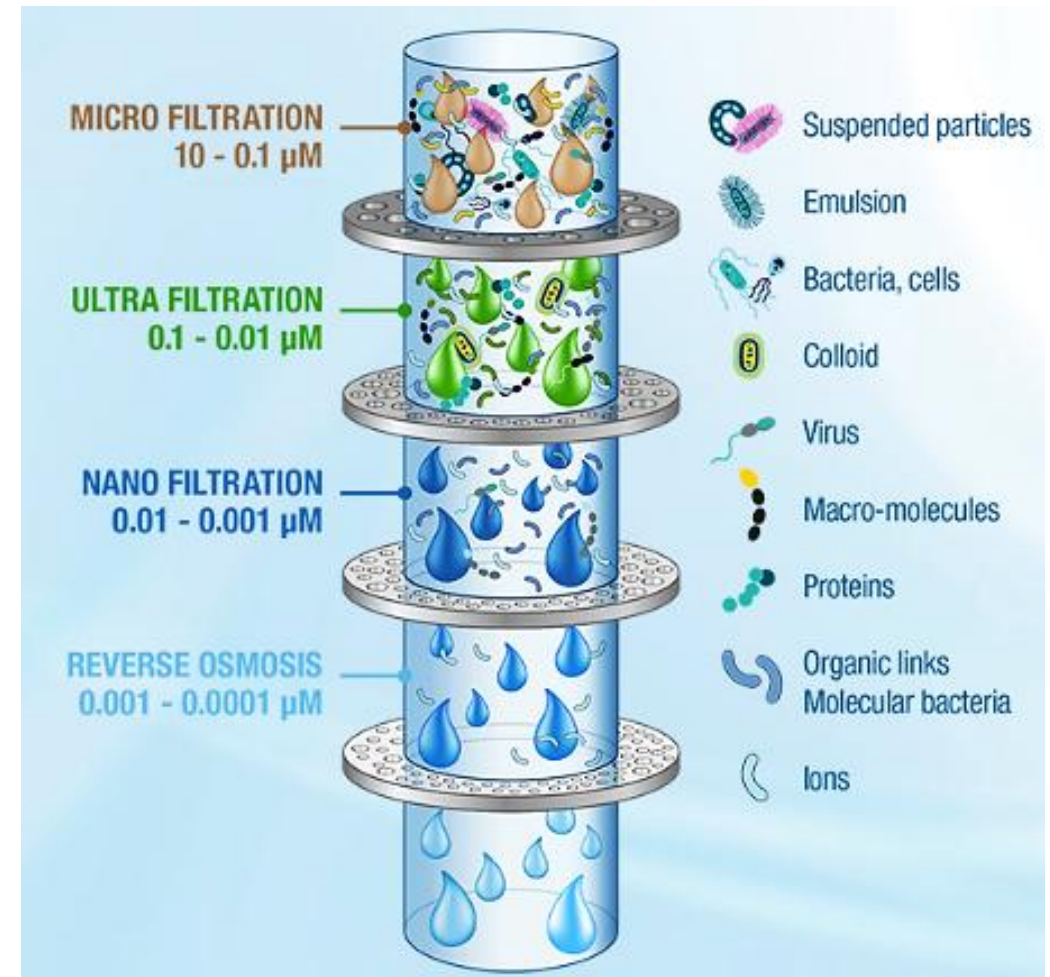


Види мембран

За розміром пор і механізмом функціонування мембрани можна розділити на п'ять груп:

Мікрофільтраційні мембрани працюють, як сито. Розмір пор коливається від 0.1 до 1 мікрометра (мкм); тому вони видаляють усі частинки розміром більше 1 мкм, включаючи *Cryptosporidium* oocysts, *Giardia* cysts та всі бактерії.

Ультрафільтраційні мембрани подібні до мікрофільтраційних, за винятком того, що розмір пор становить від 0.003 до 0.1 мкм, для видалення дуже дрібних частинок. Вони видаляють усі частинки, більші за цей розмір пор, включаючи віруси та інші патогени, що відповідає видаленню на 99.9999 відсотків.





Види мембран

Нанофільтраційні мембрани мають нанометровий (0.001 мкм або 1 нм) розмір пор. Вони видаляють всі частинки розміром понад нанометр. Крім видалення вірусів і бактерій, вони видаляють деякі розчинені речовини.

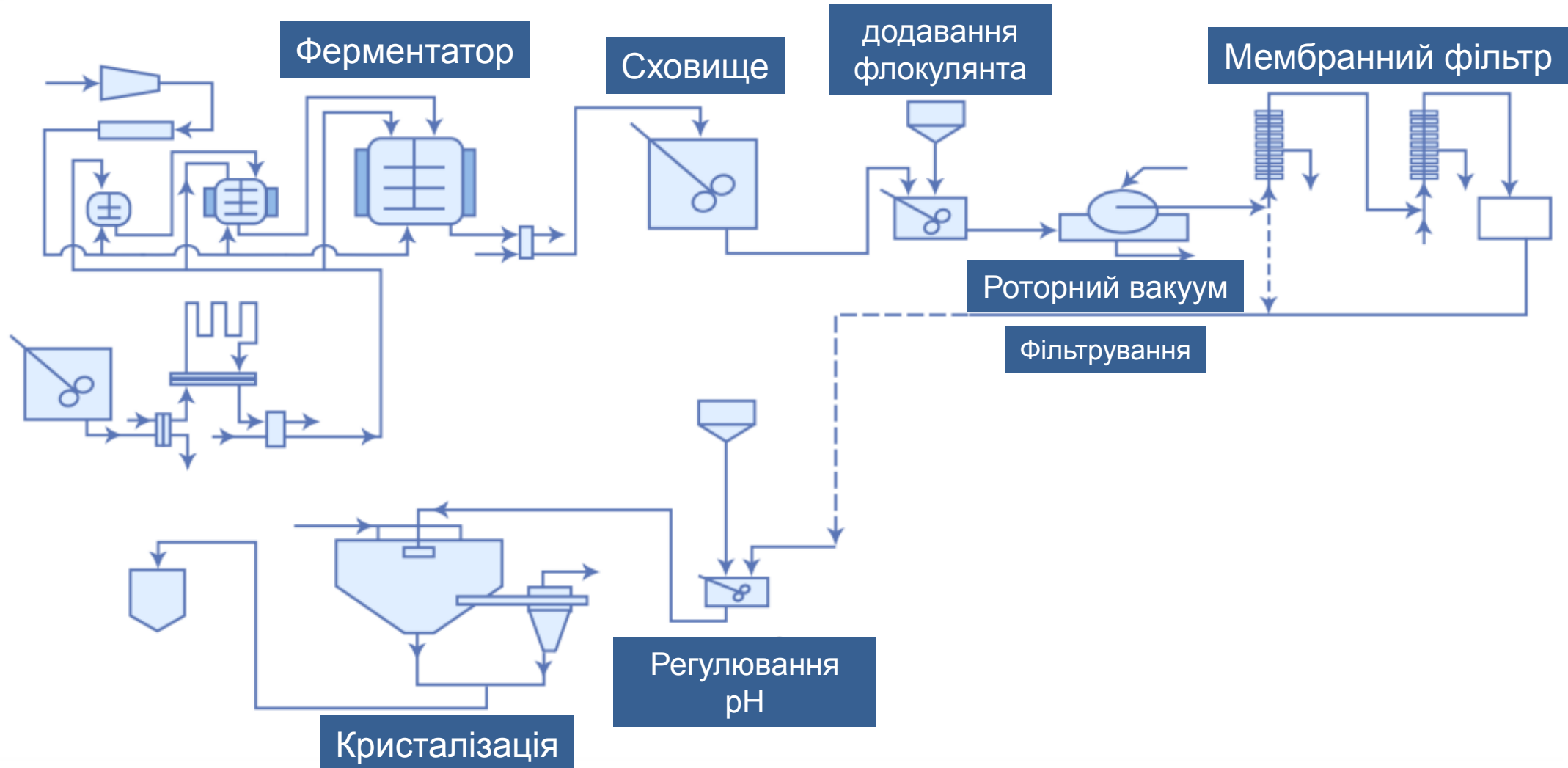
Мембрани зворотного осмосу є напівпроникними. Вони функціонують, як сита та селективні дифузійні мембрани завдяки осмосу, що дозволяє деяким розчиненим речовинам проходити.

Осмос – це процес проходження води через напівпроникну мембрану від меншої концентрації розчинених речовин до більш високої для вирівнювання концентрації з обох сторін мембрани. Мембрани використовуються для очищення морської води, яка має загальний вміст розчинених твердих речовин (TDS) в діапазоні 3.5% (35 000 мг/л) та іншої солонуватої води (TDS до 3%).

Мембрани для електродіалізу використовують постійний електричний струм для відділення розчинених електролітів від води. Аніони збираються на аноді, а катіони на катоді після проходження через смоляну мембрану.

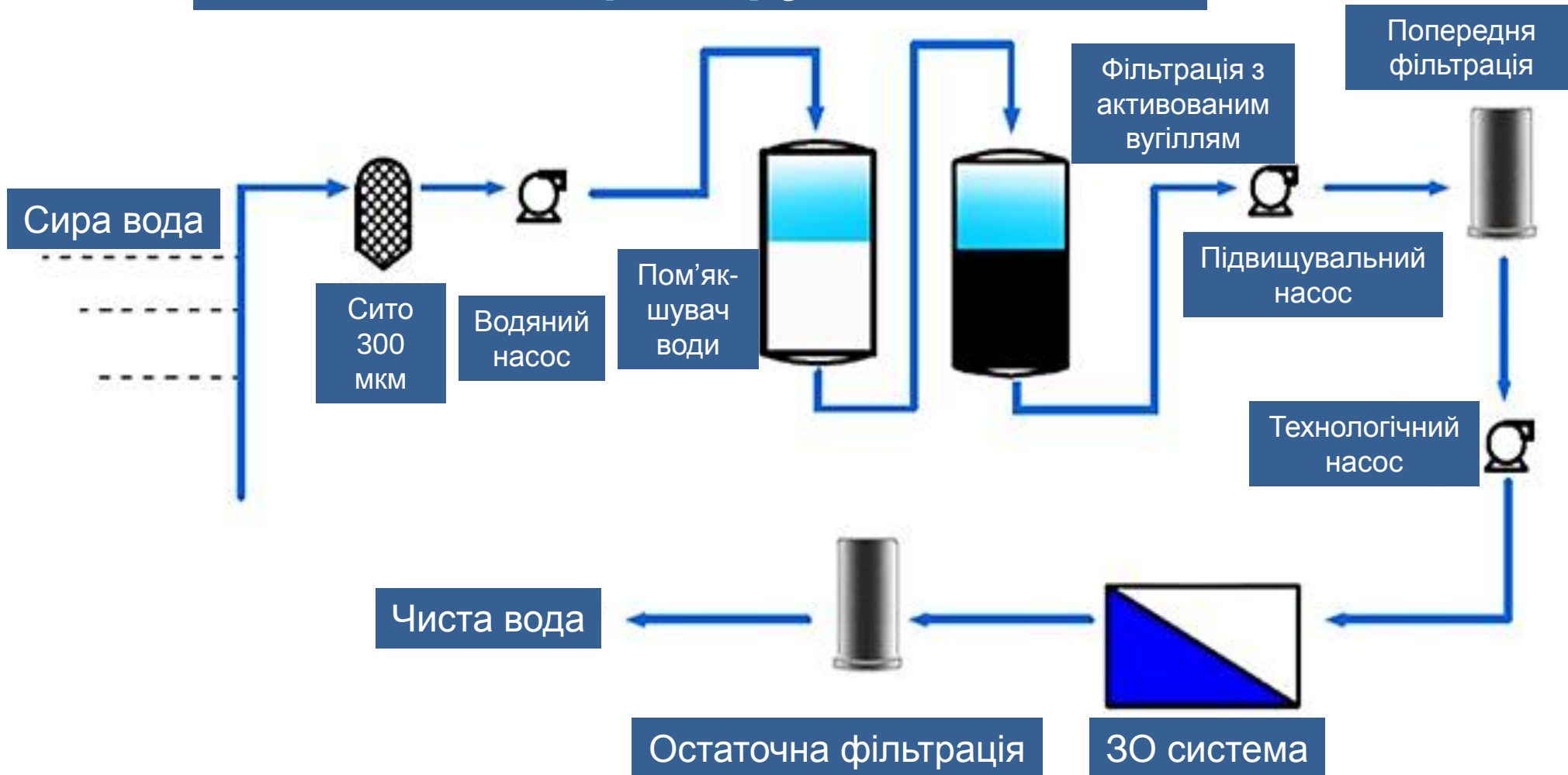


Технологія фільтрування води





Технологія фільтрування води





Технологія фільтрування води

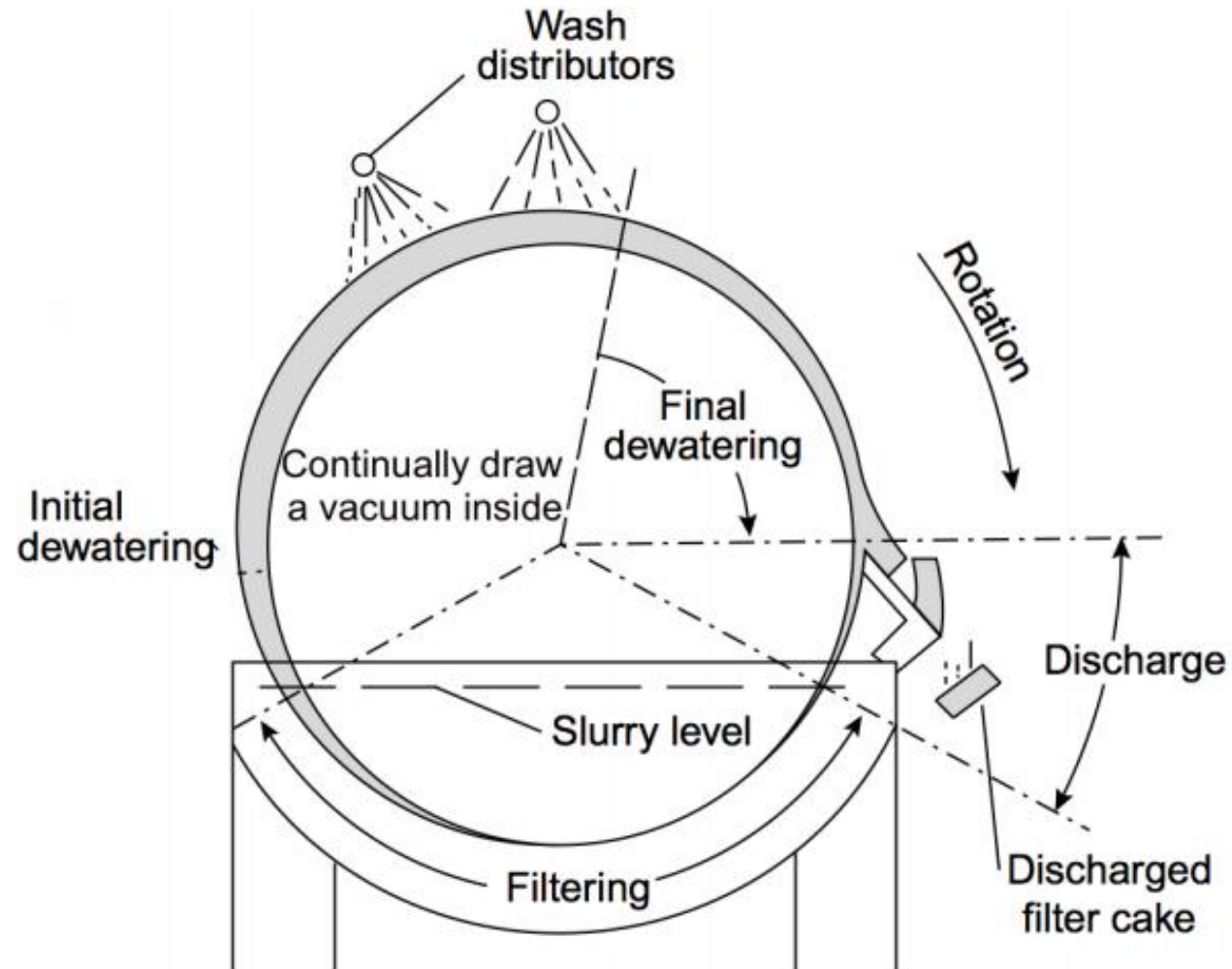
Характеристики-переваги мембранних фільтрів для міського очищення води:

- Висока продуктивність;
- Низькі експлуатаційні витрати;
- Програми ефективності та повторного використання води допомагають зменшити споживання за рахунок модернізації водозбереження;
- Низький енергетичний розхід за допомогою інноваційних мембранних поверхонь;
- Стабільний контроль якості та постачання продукту;
- Кожен фільтруючий картридж фармацевтичного класу промивається водою для ін'єкцій.





Барабанний фільтр



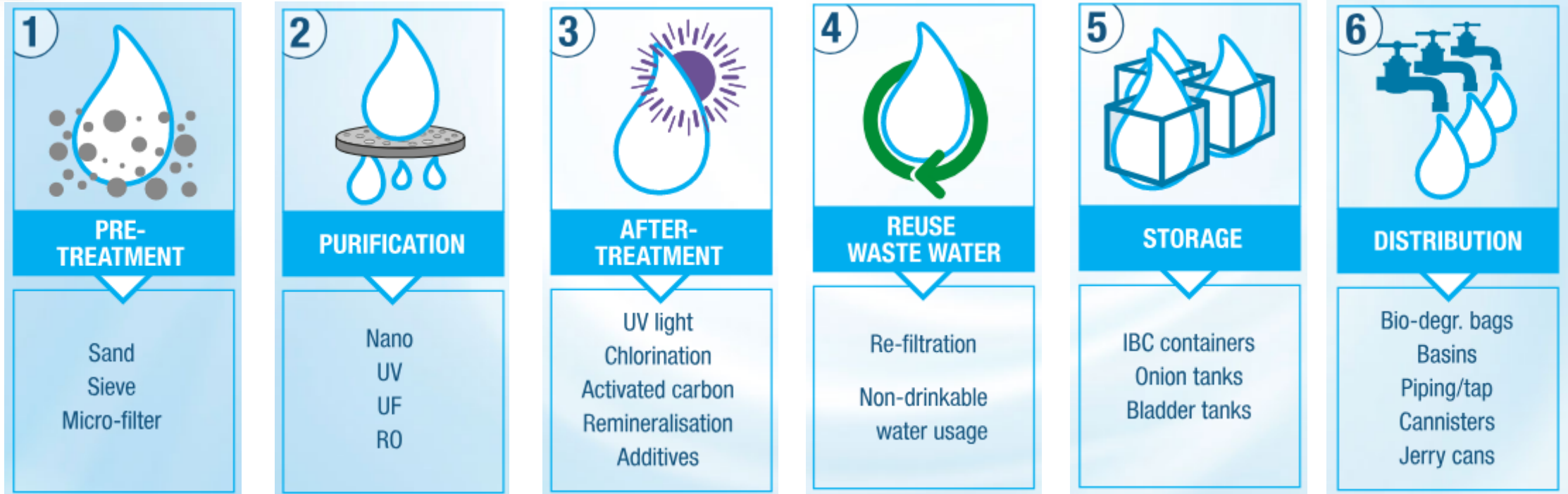


Комерційна установка для фільтрування: плита та каркас





Процес очищення води



Попередня обробка адаптована до якості сирової води, включає різні фільтраційні середовища.

Процес очищення складається з комбінації нанофільтрації, ультрафіолетового світла, ультрафільтрації та зворотного осмосу.

Процес подальшої обробки налаштовується відповідно до місцевих вимог щодо смаку та рівня чистоти.

Стічні води можна використовувати для зрошення або повторно вводити в процес фільтрування, щоб збільшити вихід.

Чиста вода зберігається в модульних, мобільних або стаціонарних резервуарах.

Важливо, щоб питна вода розподілялася через відповідні трубопроводи та чисті ємності, щоб вода не містила забруднювачів.

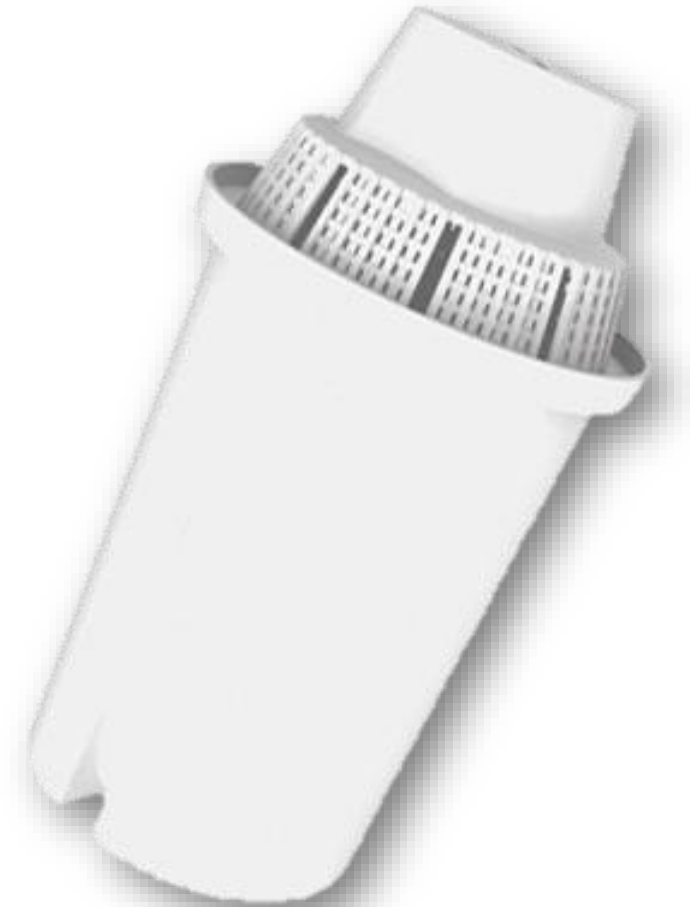


6 принципів фільтрування води

Залежно від ваших завдань, існує 6 методів очищення води:

- **Механічні фільтри;**
- **Абсорбційні фільтри;**
- **Секвестраційні фільтри;**
- **Іонообмінні фільтри;**
- **Фільтри зворотного осмосу;**
- **Ультрафіолетові фільтри.**

Кожен з них вирішує різні завдання з водою, і багато фільтрів насправді використовують комбінацію цих методів для виконання кількох рівнів фільтрування.





Механічне фільтрування

Основна ідея механічного фільтрування полягає у фізичному видаленні осаду, бруду або будь-яких частинок у воді за допомогою бар'єру. Механічні фільтри можуть бути будь-якими: від звичайної сітки, яка відфільтровує велике сміття, до керамічного фільтра, який має надзвичайно складну структуру пор для надтонкої фільтрації патогенних організмів.

Фільтру, який використовує механічну фільтрацію, описується мікронним рейтингом, який вказує, наскільки ефективні фільтри з точки зору розміру частинок, які він здатний видалити.

Загальні рейтинги, включають:

- **5 мікрон** - видалить більшість частинок, видимих неозброєним оком.
- **1 мікрон** – видаляє частинки, які занадто малі, щоб побачити їх без мікроскопа.
- **0.5 мкм** - видаляє цисти (лямблії та криптоспоридії).

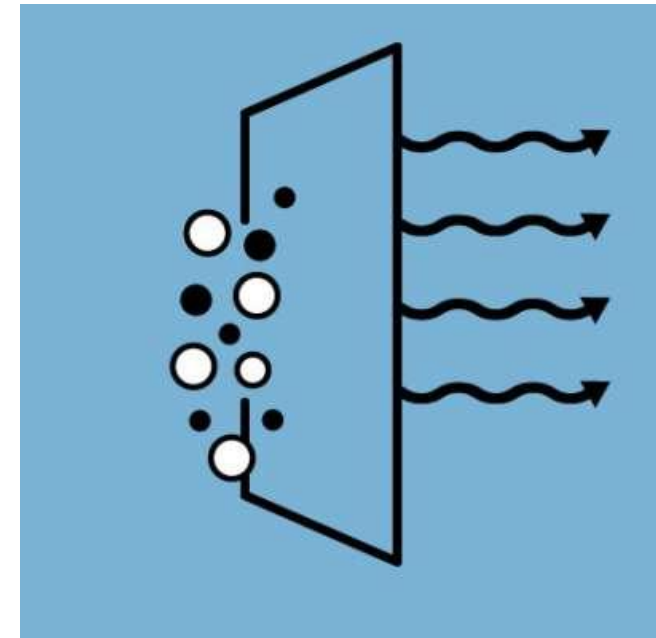


Намотаний фільтр для фільтрування частинок з розміром 100 мікрон для механічного фільтрування



Механічне фільтрування

Як метод попередньої фільтрації найчастіше використовують механічні фільтри. Вода тече через механічний фільтр, а відходи застрягають між нейловою ниткою, синтетичною піною або прокладками. Наприклад, у випадку з акваріумом, фільтр затримує рослинні матеріали, залишки рибної їжі та відходи, не затримуючи корисні бактерії, що корисно для риб.





Абсорбційні фільтри

Абсорбція у фільтрах для води найчастіше здійснюється вугіллям, який дуже ефективно уловлює забруднення. Завдяки тому, що вуглець має величезну внутрішню поверхню, наповнену щілинами, які можуть утримувати хімічні домішки, такі як хлор.

Більшість поширених побутових фільтрів містять гранульоване активоване вугілля, яке зменшує небажані смаки та запахи шляхом поглинання. У дорожчих фільтрах використовуються вугільні блокові елементи, які, як правило, є більш ефективними і зазвичай мають мікронний діаметр для видалення частинок.

Для виготовлення вугілля для фільтрів, включаючи деревину та шкаралупу кокосового горіха, можна використовувати різноманітні речовини, при цьому фільтри з кокосової шкаралупи є більш ефективними.



Гранульоване активоване вугілля та вугільний блок для абсорбційного фільтрування

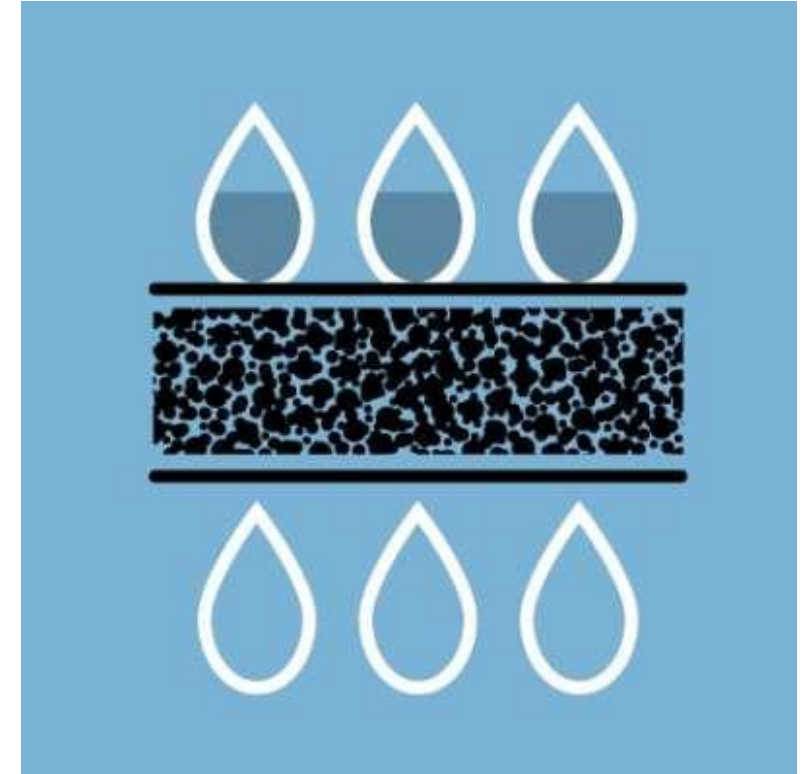


Активоване вугілля

Активоване вугілля – ідеально підходить для видалення хлору, хлороформу, сільськогосподарських хімікатів, органічних речовин, осадів та магнію.

Активоване вугілля утворюється, коли органічний матеріал з високим вмістом вуглецю (наприклад, деревина, вугілля або шкаралупа кокоса) нагрівається таким чином, що він не горить, а натомість утворює вуглець.

Це найпоширеніший тип фільтра, який часто використовується в поєднанні з іншими методами фільтрування для максимального видалення токсинів. Наприклад, Aquasana Whole House Filter Systems — це системи фільтрування з активованим вугіллям, які включають кондиціонер для води, мідно-цинковий і мінеральний камінь, а також ультрафіолет для максимальної фільтрації.





Секвестраційні фільтри

Секвестрація — це дія хімічного виділення речовини. Харчовий поліфосфат зазвичай використовується у фільтрах, що інгібують накип, для утримання мінералів кальцію та магнію, які викликають вапняний наліт та корозію. Однак поліфосфат, як правило, вводиться лише в дуже малих кількостях. Це означає, що поліфосфат не пом'якшує воду, а утримує мінерали в розчині, запобігаючи утворенню накипу на будь-яких поверхнях, з якими вони контактують.

Через те, що у воді все ще присутні тверді мінерали, інгібування накипу підходить не для всіх застосувань. Замість цього пом'якшення води за допомогою такого процесу, як іонний обмін, зазвичай рекомендується в акваторіях з рівнем лужності 180 ppm або більше (дуже жорстка вода) і в системах, де вода зберігається при постійній температурі 95°C або більше.



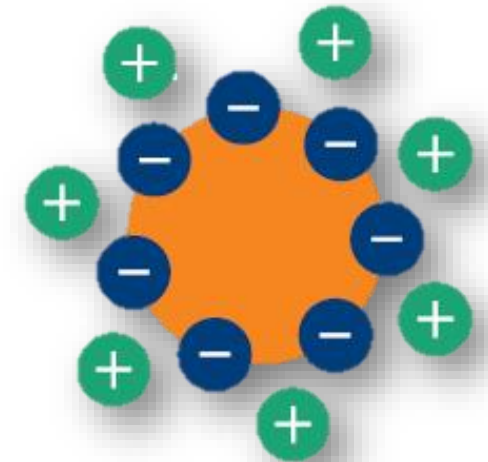
Іонообмінні фільтри



Іонообмін – це процес, який використовується для пом'якшення жорсткої води шляхом обміну іонів магнію та кальцію, що містяться в жорсткій воді, на інші іони, такі як іони натрію або водню. На відміну від інгібування накипу, іонний обмін фізично видаляє тверді мінерали, зменшуючи вапняний наліт і роблячи воду придатною для застосування.

Іонообмін найчастіше здійснюється за допомогою іонообмінної смоли, яка зазвичай випускається у вигляді маленьких кульок. Подібний тип смоли використовується в деяких пом'якшувачах води, а у випадку пом'якшувача води смола використовує іони натрію, які потрібно періодично заряджати, щоб смола не стала неефективною.

Смоли, які використовують іони натрію, зазвичай не використовуються у фільтрах для питної води, оскільки кількість солі (натрію), яка може бути присутня у питній воді, законодавчо обмежена 200 міліграмам/літр. Оскільки іонний обмін натрію підвищує рівень солі, кращим варіантом для фільтрів є іонообмінна смола на основі водню.

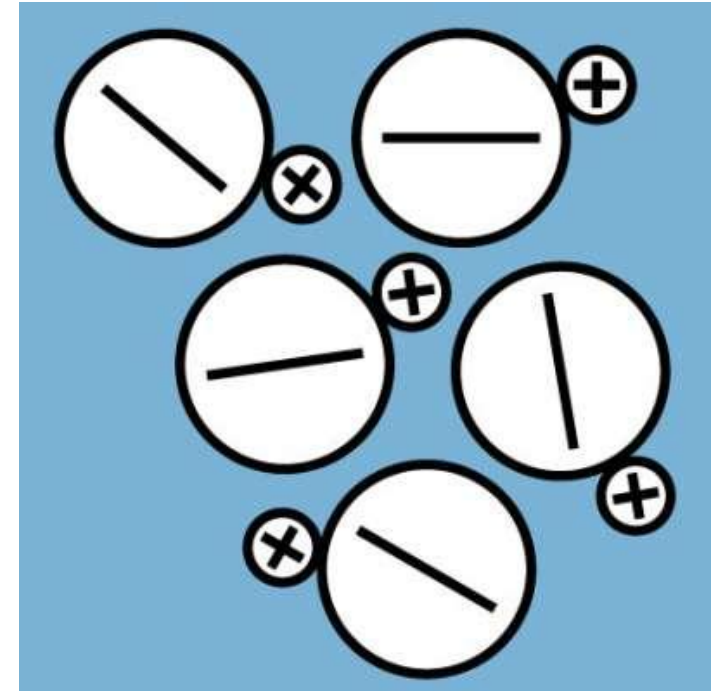




Іонний обмін

Іонообмінні фільтри складаються з речовини, яка обмінює один іон на інший, коли вода протікає через нього. У будинку може бути жорстка вода, якщо її вода залишає плями на вимитому посуді. Жорстка вода має тенденцію накопичуватися в трубах, що може зменшити термін служби кухонних приладів.

Іонний обмін допомагає боротися з жорсткою водою і деякими радіоактивними матеріалами, фільтр не видаляє органічний матеріал, частинки або бактерії так ефективно, як інші варіанти фільтрування.





Зворотний осмос



Зворотний осмос (ЗО) — це процес видалення з води розчинених неорганічних твердих речовин (таких як іони магнію та кальцію) шляхом проштовхування її через напівпроникну мембрану під тиском, так що вода проходить крізь, але більшість забруднюючих речовин залишається на фільтрі.

Зворотний осмос є вискоелективним способом очищення води і зазвичай поєднується з низкою інших фільтрів, таких як механічний фільтр і абсорбційний фільтр, щоб ефективно очищати воду з невеликою кількістю забруднень.

Системи зворотного осмосу використовують тиск води, щоб проштовхувати воду через мембрану, тому вона не споживає електроенергію, хоча утворюється певна кількість стічної води, яку можна відправити в дренаж. Додаткові фільтри, що залучаються до багатоступеневої фільтрації води, можуть зробити установку зворотного осмосу дорожчою, ніж інші методи фільтрування, але в програмах, де потрібна 99.9% чистої води,

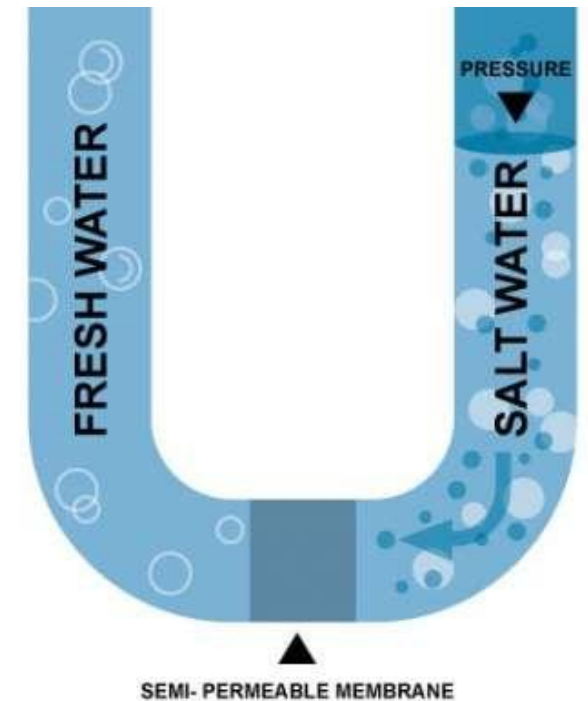




Зворотний осмос



- Підходить для ефективного видалення високого відсотка токсинів, включаючи фтор, шестивалентний хром, миш'як, нітрати/нітрити, мідь, радій, сіль тощо.
- Фільтри зворотного осмосу є найкращими для видалення великого відсотка забруднень з води, включаючи потенційно небезпечні бактерії, що переносять воду.
- Це один з небагатьох фільтрів, які можуть очистити воду від водорозчинних забруднень, таких як фтор і хром +6. Якщо в будинку є пом'якшувач води, система ЗО також видалить сіль з питної води.
- Процес повільний, що викликає зниження тиску води. Ось чому повністю домашні системи зворотного осмосу зазвичай не існують. Такий рівень фільтрації не потрібен для повсякденних заходів, таких як змивання туалету, прийняття душу та миття посуду.





Ультрафіолетові фільтри

- УФ-фільтри ефективні для видалення бактерій і вірусів.
- Екологічно чистий варіант, УФ-фільтри очищають воду, використовуючи різні частоти ультрафіолету.
- ДНК мікробних клітин поглинає ультрафіолетове світло, яке по суті вбиває всі бактерії та віруси, таким чином очищаючи питну воду. Важливо зазначити, що ультрафіолетові фільтри очищають воду лише від бактерій та вірусів, тому важливо використовувати цей фільтр разом з іншими типами фільтрів для видалення поширених забруднювачів, таких як хлор, свинець та пестициди.





Ультрафіолетові фільтри

Ультрафіолетові фільтри – це унікальний тип очищення води, який діє шляхом впливу на воду ультрафіолетового світла, який вбиває бактерії, віруси, найпростіші тощо.

Вони, як правило, маленькі та легкі, і працюють від батарейок. Вони трохи дорожчі, ніж інші портативні типи фільтрів для води. На жаль, вони не здатні боротися з видаленням осаду з води, тому це не найкращий вибір для води, яка містить тверді частинки.





10 різних типів фільтрів для води:

1 Контейнер з вбудованим фільтром для води

Фільтри для контейнерів від води – це доступний спосіб отримати чисту фільтровану питну воду у домі. У порівнянні з іншими типами фільтрів для води, вони мають дещо обмежену ємність, зазвичай від шести до десяти чашок. Деякі більші можуть вмістити до 23 склянок фільтрованої води з кнопковою насадкою, яка призначена для зберігання в холодильнику.





10 різних типів фільтрів для води:

2

Фільтри для кранів

Фільтри для змішувачів прикручуються безпосередньо до раковини. Вони будуть мати прохід, який дозволить раковині вільно протікати, коли фільтр не використовується. Потік води буде вводитися через фільтр, а на виході буде смачна фільтрована вода. Оскільки він надходить прямо з магістрального водопроводу, де необмежена потужність, що дозволить виробляти стільки фільтрованої води, скільки потрібно.





10 різних типів фільтрів для води:

3

Настільні фільтри

Настільні фільтри бувають двох різних типів. Перший тип має великий резервуар з фільтром у верхній частині. Вони можуть утримувати набагато більше води, ніж фільтр типу глечика, навіть до 2.25 галонів.

Другий тип настільного фільтра підключається до основної води будинку на кухонній раковині. Він матиме власний кран, який подає фільтровану воду, коли його вмикаєте. Вони, як правило, набагато менші і займають дуже мало місця на мийці, хоча вони також можуть бути дорогими.





10 різних типів фільтрів для води:

4 Фільтри під раковиною

Цей тип фільтру поміщається під раковиною, як випливає з назви. Він підключається безпосередньо до основного водопроводу, тому можна отримати необмежену ємність для фільтрованої води. Зазвичай вони включають власний невеликий кран, який кріпиться до основного змішувача на столі. Ці фільтри можуть складатися з одного фільтру або кількох фільтрів, призначених для фільтрації більшої кількості забруднювачів у багатоетапному процесі. Після закінчення терміну служби фільтри можна легко замінити.





10 різних типів фільтрів для води:

5 Фільтри для всього будинку

Побутові фільтри є найбільшим і найдорожчим типом фільтрів для води. За ціною в кілька разів дорожче більшості інших фільтрів, вони призначені для очищення всієї води у домі. З цією метою вони мають швидкість потоку 10-15 галлонов за хвилину і навіть вище. Часто, це багатоступінчасті системи фільтрації, які можуть видалити всі основні забруднювачі. Фільтри для всього будинку підключаються до магістралі будинку і для встановлення може знадобитися професіонал.





10 різних типів фільтрів для води:

6 Фільтри для пляшок від води

Фільтри для пляшок для води є одними з найменших і найдешевших фільтрів. Вони мають дуже малу ємність, оскільки обмежені розміром пляшки. Вони часто мають фільтр-соломинку, яка фільтрує воду на шляху до рота. Можна знайти їх у багатьох роздрібних продавців, щоб недорогим способом отримати фільтровану питну воду в будь-якому місці.





10 різних типів фільтрів для води:

7 Солом'яні фільтри

Солом'яні фільтри легкі, портативні та прості у використанні. Вони дуже доступні за ціною. Все, що потрібно зробити, це помістити інший кінець у джерело води і пити через соломинку. Вода фільтрується на шляху до рота, тому вона стає чистою та смачною. Щоб зробити їх більш портативними, деякі фільтри призначені для роботи всередині пляшок з водою.





10 різних типів фільтрів для води:

8 Фільтри для пом'якшення води

Фільтри для пом'якшення води видаляють тверді мінерали з води, обмінюючи їх на іони натрію. Це не робить воду солоною на смак, але пом'якшує її, забезпечуючи кілька переваг. М'яка вода не залишає вапняного нальоту, коли висихає. Це також набагато краще для шкіри та волосся. Пом'якшувачі води, як правило, є одними з найдорожчих типів фільтрів для води і, як правило, вони призначені для пом'якшення води для всього будинку.





10 різних типів фільтрів для води:

9 Стиснутий/гравітаційний фільтр

Цей тип фільтру невеликий і портативний. Він розроблений в основному для використання в заміських районах і в надзвичайних ситуаціях, тому вони довговічні та надійні. Гравітаційні фільтри дозволяють підвісити резервуар і дозволити силі тяжіння тягнути воду вниз через фільтр. Гравітаційні фільтри дозволяють проштовхувати воду через фільтр за допомогою резервуара з мішком для води, але їх можна використовувати так само, як і гравітаційний фільтр.





10 різних типів фільтрів для води:

10 Портативний насос-фільтр

Портативні фільтри для насосів призначені для використання в заміських районах і в аварійних ситуаціях, тому вони міцні та надійні. Необхідно вставити шланг у джерело води і вручну створити тиск, яка створює всмоктування. Потім вода протягується через фільтр і викидається зі шланга з іншого боку. Це швидкодіючі фільтри, які зазвичай мають змінний фільтрувальний картридж. Вони трохи більші та важчі, ніж інші стилі портативних фільтрів.





Системи фільтрації води

Системи фільтрів для води видаляють небажані смаки та запахи з водопровідної води, щоб забезпечити чисту воду зі свіжим смаком прямо з крана. Домашні системи, такі як WaterGem, компактні та їх легко встановити під раковину або невеликим простором. Промислові системи фільтрації води дещо відрізняються в залежності від використання на кухні або спеціального обладнання. Системи фільтрів для води постачаються повністю укомплектовані комплектом, щоб можна було налаштувати та підключити до існуючого водопроводу.



Система фільтрації води під раковину Watergem



Системи фільтрації води

Вбудовані фільтри розташовані безпосередньо на водопроводі, де вода проходить через фільтр, перш ніж потрапити до крана або приладу. Цей тип фільтрації, який зазвичай використовується в побуті, ідеально підходить для установки під раковиною через його невеликі розміри.

Вбудовані фільтри можуть зменшити поширені проблеми з міською водою, такі, як присмак хлору, запах і бактерії, забезпечуючи воду зі смаком бутельованої води без пластикових відходів. Лінія вбудованих фільтрів для води «Hydro +» є одними з найбільш популярних фільтрів у Європі.



Один з найбільш популярних фільтрів у Європі



Системи фільтрації води

Вставні фільтри

Вставні фільтри призначені для розміщення всередині корпусу фільтру для води. Корпуси відрізняються в залежності від використання, але найбільш поширені розміри 10" і 20". Також є корпуси Jumbo та корпуси Watts Big Bubba

Холодильні фільтри

Холодильні фільтри необхідні для фільтрування живильної води, яка надходить до механізму питної води та льоду. Найчастіше зустрічається в холодильниках американського стилю, розмір і сумісність фільтру змінюються в залежності від марки/моделі та стилю холодильника з морозильною камерою.





Системи фільтрації води

Фільтри для води для кавоварки

Чиста вода необхідна для приготування ідеальної кави. Звичайні правила фільтрування не застосовуються до кавових зерен, які потребують особливої суміші мінералів, перш ніж вони відкриють свій повний смак.

Фільтри для води для комерційного харчування

Хімічна реакція неякісної води, яка нагрівається для отримання пари або гарячої води, є основним фактором, що сприяє утворенню вапняного нальоту, який може призвести до неполадок. Everpure Claris є одним із найнадійніших брендів і постачає виробникам обладнання для громадського харчування та їхнім сервісним партнерам індивідуальні фільтри для духовок.





Список використаних джерел

1. Montgomery, J.M.: Water Treatment - Principles and Design. 3rd ed., John Wiley & Sons, Hoboken 2012
2. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. – К. Знання, 2009. – 735 с. (ISBN 978-966-346-487-9)
3. McDowell-Boyer et al, 1986. Reproduced by permission of American Geophysical Union
4. R. W. Baker, Membrane technology and applications, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 2nd edn, 2004.
5. Course 10-445, Separation Processes for Biochemical Products, 2005.
6. <https://www.aquacure.co.uk/knowledge-base/how-water-filters-work>
7. <https://www.aquasana.com/info/top-5-types-of-drinking-water-filtration-pd.html>
8. <https://housegrail.com/different-types-of-water-filters/>
9. https://learnche.org/wiki_4M3/images/c/ca/2014-4M3-Filtration.pdf
10. <https://water.mecc.edu/courses/ENV115/lesson7.htm>
11. <https://www.membrane-solutions.com/municipal-water.htm>
12. <http://www.muchmorewater.com/water-purification-explained.html>
13. http://site.iugaza.edu.ps/frabah/files/2010/02/Water_Treatment_Lecture_1_1.pdf
14. <http://interesko.info/raznovidnosti-filtrov-mexanicheskoy-ochistki-vody/>