

Методи очищення СТІЧНИХ ВОД



- Згідно з Водним кодексом України, стічна вода — вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів.

Залежно від характеристики стічні води поділяють на **умовно чисті (оборотні) і брудні**.

- Умовно чистими (оборотними) стічними водами вважають води після охолодження технологічного обладнання, компресорів та іншого устаткування. Після використання в технологічних процесах їх охолоджують у градирнях і заводських ставках, у деяких випадках звільняють від зависей і знову повертають на охолодження.
- Брудні стічні води різняться за складом забрудників, який визначається технологією виробництва.



В залежності від походження та складу забруднювальних речовин (домішок) стічні води поділяються на чотири основні категорії:

- господарсько-побутові,
- промислові (виробничі)
- сільськогосподарські
- дощові стічні води, що стікають з території виробничих об'єктів та населених пунктів у результаті випадання атмосферних опадів чи поливання вулиць.



Усі види забруднень можна розподілити на хімічні, фізичні, біологічні й теплові. У різних технологічних процесах у промисловості використовують воду, внаслідок чого утворюються такі відпрацьовані стічні води:

- -реакційні води, що виділяються в ході реакцій. Вони забруднені домішками сировини і продуктів реакції;
- -промивні води після промивання сировини, продуктів, обладнання, тари, маточні водні розчини;
- -води, що надходять із сировиною у вигляді вільної та зв'язаної води;
- -водні екстрагенти і абсорбенти;
- -охолодні води, що не стикаються з сировиною і продуктами;
- -побутові води з їдалень, душових, після миття приміщень, пралень, туалетів та ін.;
- -атмосферні опади, що стікають з території промислових підприємств та інших господарських об'єктів.

Ступінь допустимого забруднення води у водоймах, що визначається її фізичними властивостями і здатністю до нейтралізації домішок та самоочищення, розглядають як **гранично допустиме навантаження на водойму (ГДН)**. Оскільки в результаті споживання води її ресурси зменшуються і можливі ушкодження екосистем або можливе використання водойм для купання, рибальства та відпочинку, обмеження навантаження тільки з погляду потрапляння у воду промислових забруднень є недостатнім. У цих випадках потрібно розробляти нормативи **гранично допустимого екологічного навантаження на водойму (ГДЕН)**.

Відповідно до регламенту водокористування «Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» допустиме навантаження на водойму ($C_{\text{доп}}$) визначається як різниця між установленим нормативним навантаженням (тобто можливістю) та існуючим ($C_{\text{існ}}$). Так, якщо під нормативним навантаженням розуміють концентрацію деякої речовини ($C_{\text{норм}}$), то можливість скидання цієї речовини у водойму ($C_{\text{доп}}$) становить

$$\rightarrow C_{\text{доп}} = C_{\text{норм}} - C_{\text{існ}} .$$

Одного дотримання гранично допустимих концентрацій недостатньо для забезпечення якості води. Для гарантування якості води в створі водокористування і водоспоживання для кожного підприємства встановлюють *гранично допустиме скидання (ГДС)* шкідливих речовин. ГДС – це маса забруднень у стічних водах, допустима для відведення з установленим режимом у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті. ГДС виражається у грамах за секунду і визначається за формулою

$$\text{ГДС} = C_{\text{ст}} \times q,$$

де $C_{\text{ст}}$ – максимально допустима концентрація забруднювальної речовини в стічній воді, мг/дм³;

q – витрата стічних вод, м³/с.

Якісне очищення стічних вод — це процес видалення з відпрацьованих господарсько-побутових стоків шкідливих для здоров'я людей і навколишнього середовища забруднень.

Вибираючи методи очищення стічних вод, враховують склад відпрацьованої на виробництві або використаної в побутових цілях води.

Комплексне очищення стічної води проводиться в 4 етапи:

Механічне — затримуються нерозчинні домішки.

Фізико-хімічне — затримання розчинених в стоках домішок і зважених часток.

Біологічне — очищення стічних вод аеробними і анаеробними мікроорганізмами.

Дезінфекція — знезараження відпрацьованого середовища.

Методи очищення стічних вод розділяють на **механічні, хімічні, фізико-хімічні і біологічні.**

Застосування того чи іншого методу визначається характером забруднення і ступенем шкідливих домішок у стічних водах.



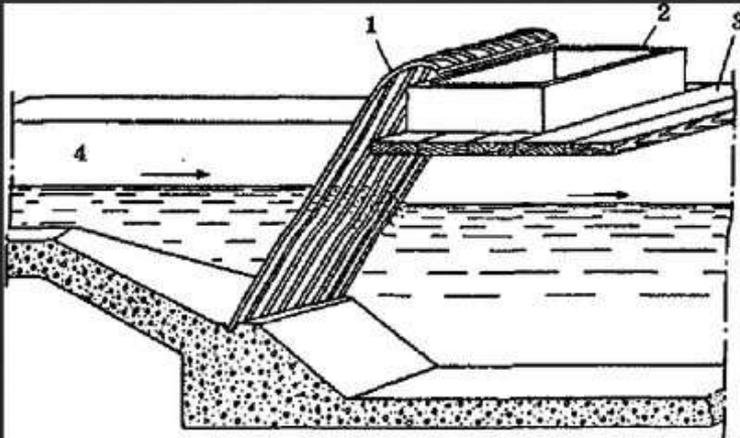
СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ВОДИ





Механічне очищення полягає в механічному видаленні нерозчинних речовин шляхом відстоювання, проціджування і фільтрування. Для затримки великих часток воду проціджують через ґрати і сітки; для затримки більш дрібних зважених у воді домішок застосовують відстійники, фільтри з зернистим завантаженням (кварцовий пісок, гранітний щебінь, керамзит, гранульований доменний шлак), із завантаженням, що плавають, (пенополістирол) чи сітчасті фільтри і мікрофільтри, а також сепаратори й центрифуги.

Механічне очищення в основному є попереднім, рідше — остаточним способом очищення стічних вод. З побутових стічних вод вона дозволяє видалити до 60%, а з до 95% нерозчинних домішок.

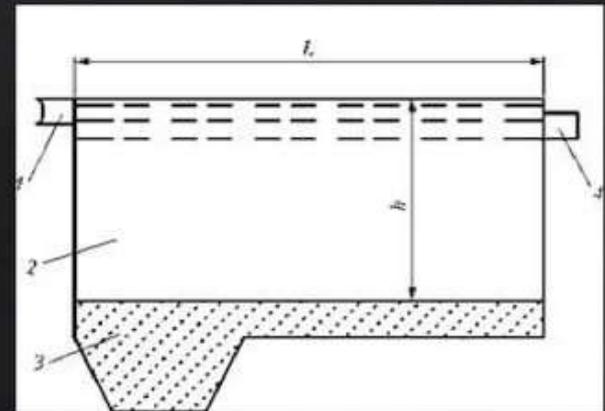


Решітки застосовуються для затримання зі стічних вод великих забруднень і є спорудами, що очищають стічні води для подальшого, більш повного очищення.

Прорізи між стрижнями ґрат повинні бути якомога меншими, щоб затримувати як можна більше грубих домішок для полегшення роботи відстійників.

З цих міркувань ширину прорізів решіток перед очисними спорудами приймають рівною 16 мм. Швидкість потоку стічних вод між стрижнями

- Для очищення стічних вод механічним методом застосовують спеціальні пристрої – пісколовки для виділення крупно дисперсних частинок. Пісколовки використовують горизонтальних і вертикальних конструкцій. Найпростіші – горизонтальні пісколовки, являють собою резервуар з поперечним перерізом для очищення. Будова залежить від кількості стічних вод.



Фізичне очищення стічних вод

- ▶ До фізичних способів очищення стічних вод належать насамперед випарювання, виморожування та ін. При цьому вирішальним фактором є температура. Тому такі способи очищення в інженерній практиці часто називають *термічними*.

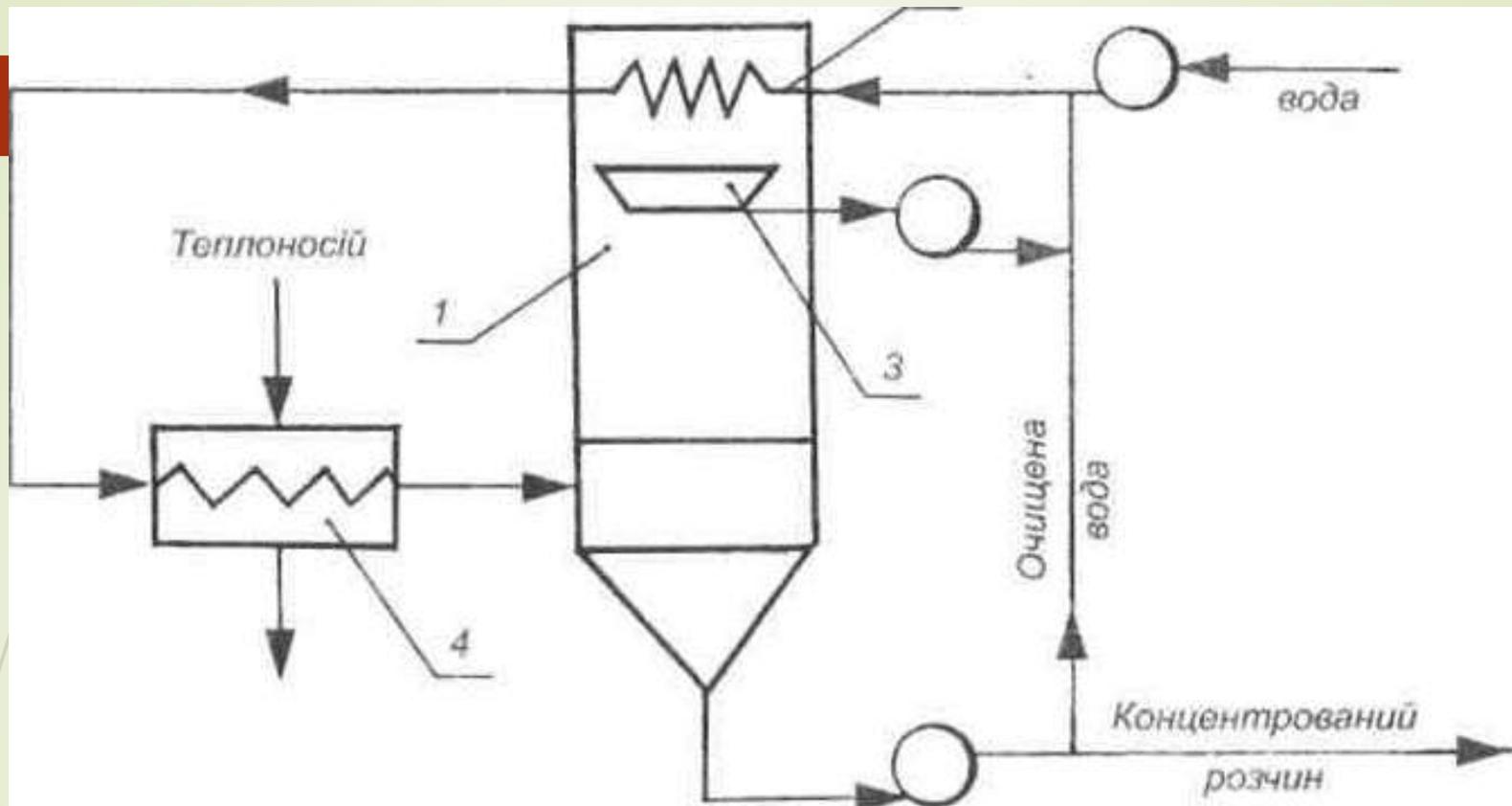


Рис. Схема одноступеневої адіабатної випарювальної установки:

- 1 – камера випарювання;
- 2 – конденсатор;
- 3 – підставка;
- 4 – підігрівач

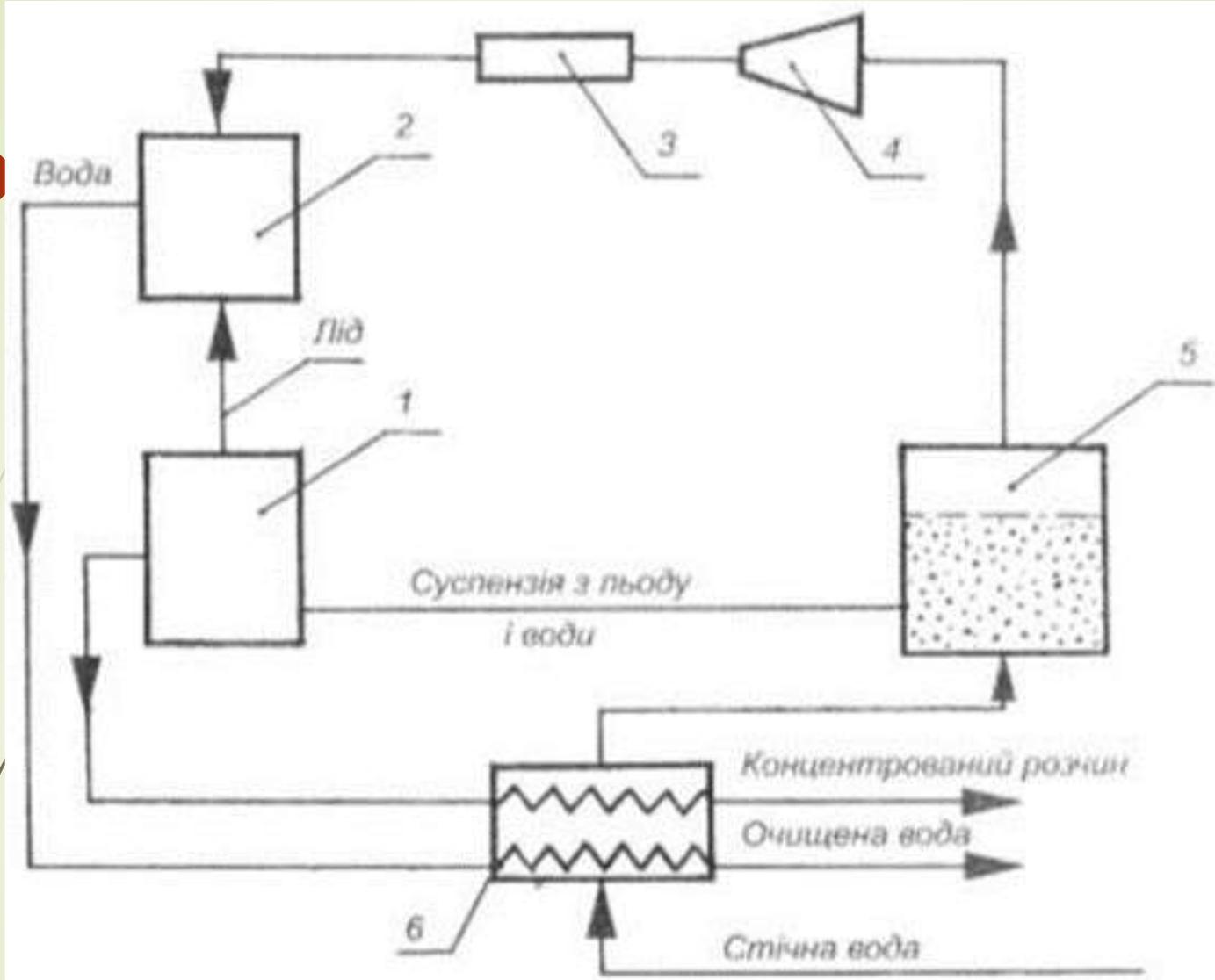


Рис. Схема установки для концентрування розчинів виморожуванням під вакуумом:

- 1 – промивна колонка; 2 – конденсатор- розпилювач;
- 3 – допоміжна холодильна установка; 4 – конденсатор; 5 – кристалізатор;

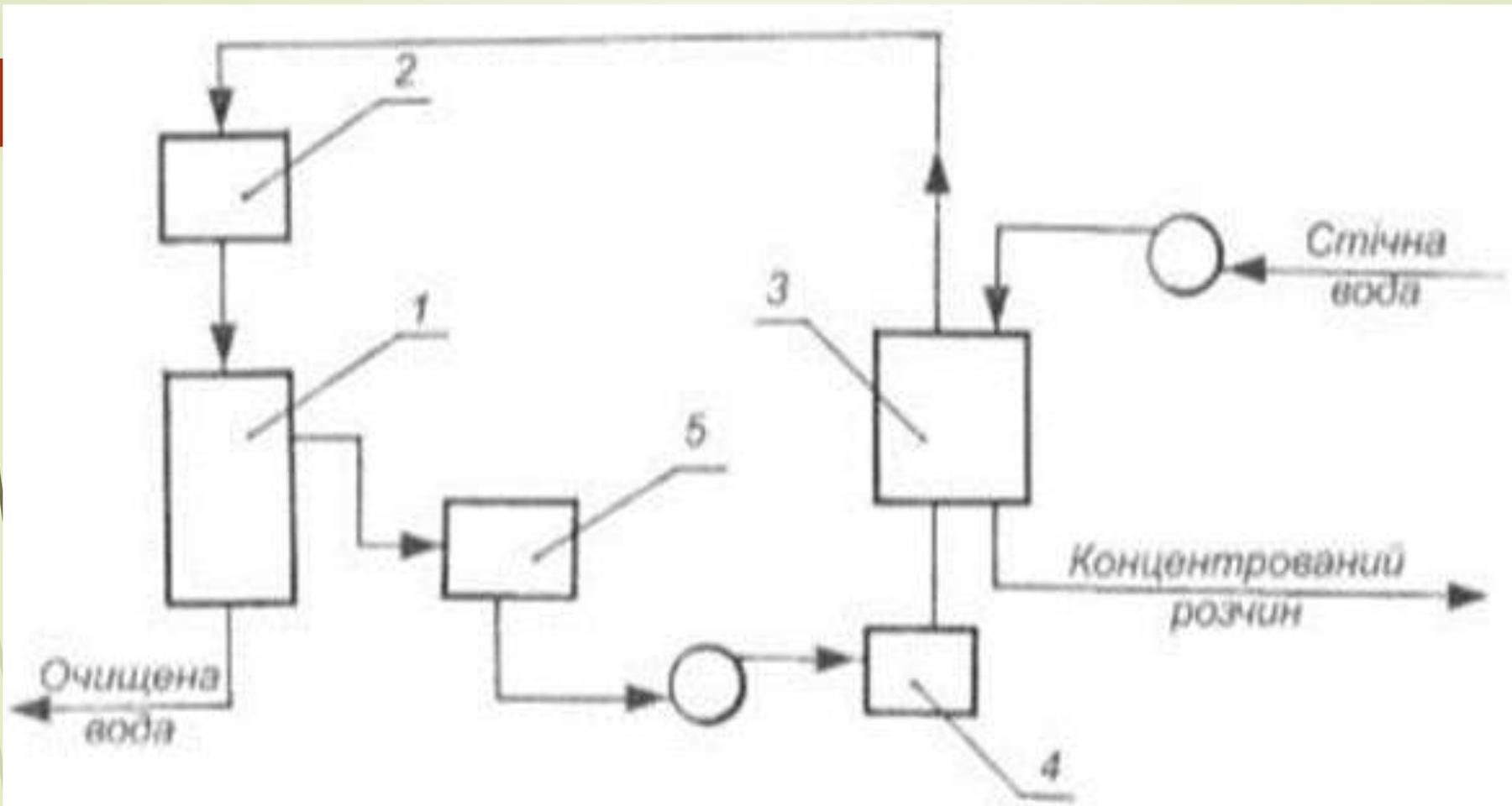


Рис. Схема установки для очищення стічної води методом гідратуутворення:

- 1 – сепаратор;
- 2 – камера танення; 3 – камера гідратуутворення; 4 – ємність;
- 5 – конденсатор



Фізико-механічне ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

- ▶ Фізико-механічні способи очищення стічних вод базуються на флотації, мембранних технологіях очищення та азотропному відгоні.
- ▶ **Флотація** – найбільш поширений спосіб очищення стічних вод целюлозно-паперових і деревообробних підприємств. Флотацію успішно використовують для очищення стічних вод від маслопродуктів та інших легкоспливаючих речовин, що застосовуються в різних галузях промисловості.

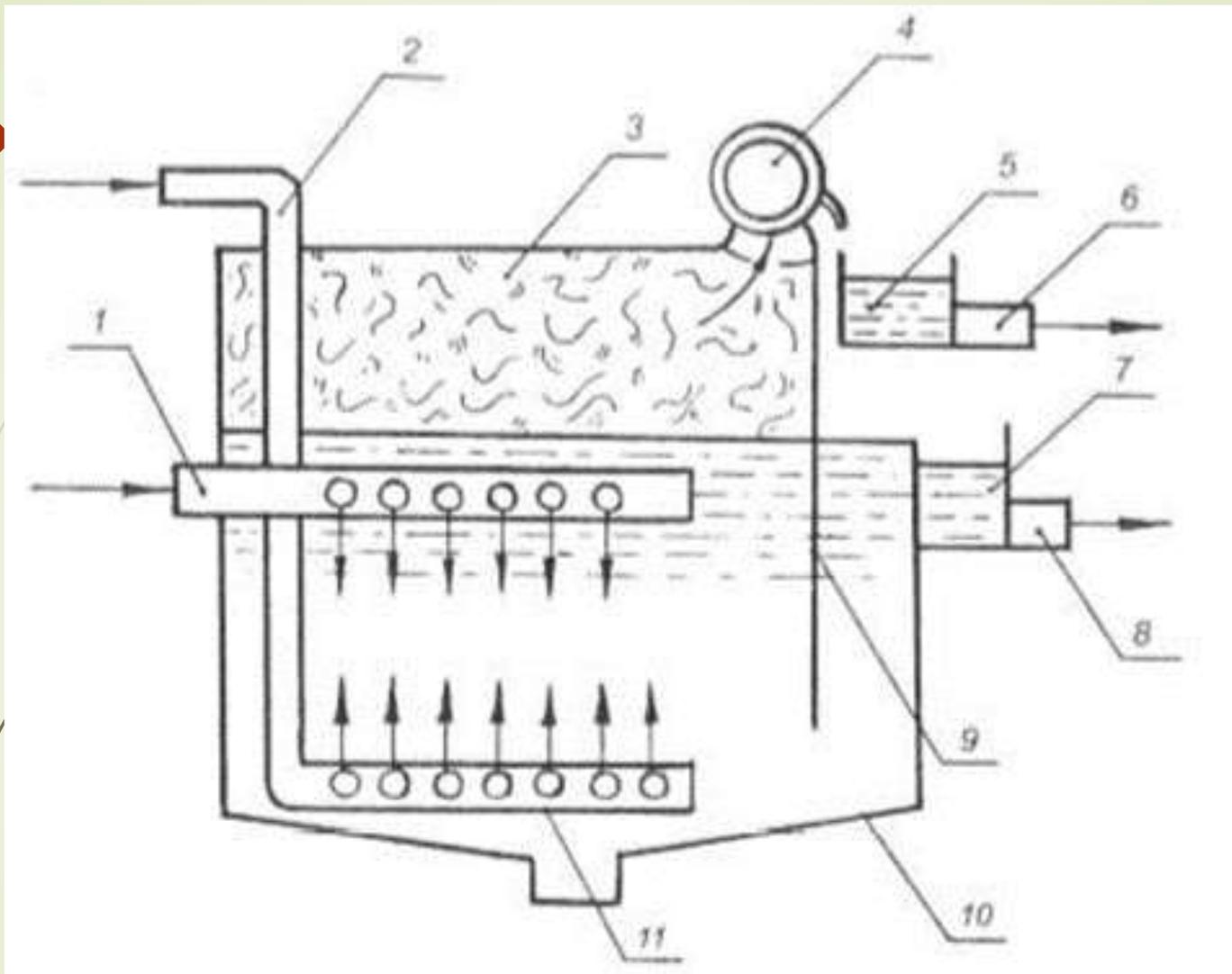


Рис. Схема напірної флотаційної установки:

1 – трубопровід для стічної вади; 2 – трубопровід для стисненого повітря; 3 – кришка;

4 – відцентровий вентилятор; 5 – пінозбирач;

6 – трубопровід для піни; 7 – водоприймач; 8 – трубопровід для



Хімічне очищення стічних вод

Хімічне очищення складається в додаванні в забруднену воду різних хімічних речовин, що вступають у реакцію з забруднювачами й осаджують їх у вигляді нерозчинних опадів. Як самостійний метод хімічне очищення проводиться перед подачею виробничих стічних вод у систему оборотного водопостачання, а також перед спуском вод у чи водойми в каналізаційну мережу. Як попередній метод, хімічне очищення проводиться перед біологічною чи фізичною.

Хімічне очищення стічних вод здійснюють переважно трьома способами: нейтралізацією, окисненням і відновленням.

Нейтралізацію проводять для доведення рН стічних вод до 6,5-8,5, тобто близького до нейтрального. Значить, нейтралізувати потрібно стічні води з рН < 6,5 (з кислою реакцією середовища) і з рН > 8,5 (з лужною реакцією середовища). Нейтралізацію здійснюють змішуванням кислот стічних вод з лугами додаванням реагентів або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали.

При хімічному очищенні застосовують такі способи нейтралізації:

- взаємну нейтралізацію кислих і лужних стічних вод змішуванням;
- нейтралізацію стічних вод реагентами (розчинами кислот, негашеним вапном CaO , гашеним вапном Ca(OH)_2 , кальцинованою содою NaCO_3 , каустичною содою NaOH , розчином аміаку NH_4OH);
- фільтруванням стічних вод через нейтралізуючі матеріали (вапно, вапняк CaCO_3 , доломіт $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$, магнезит MgCO_3 , крейда CaCO_3).

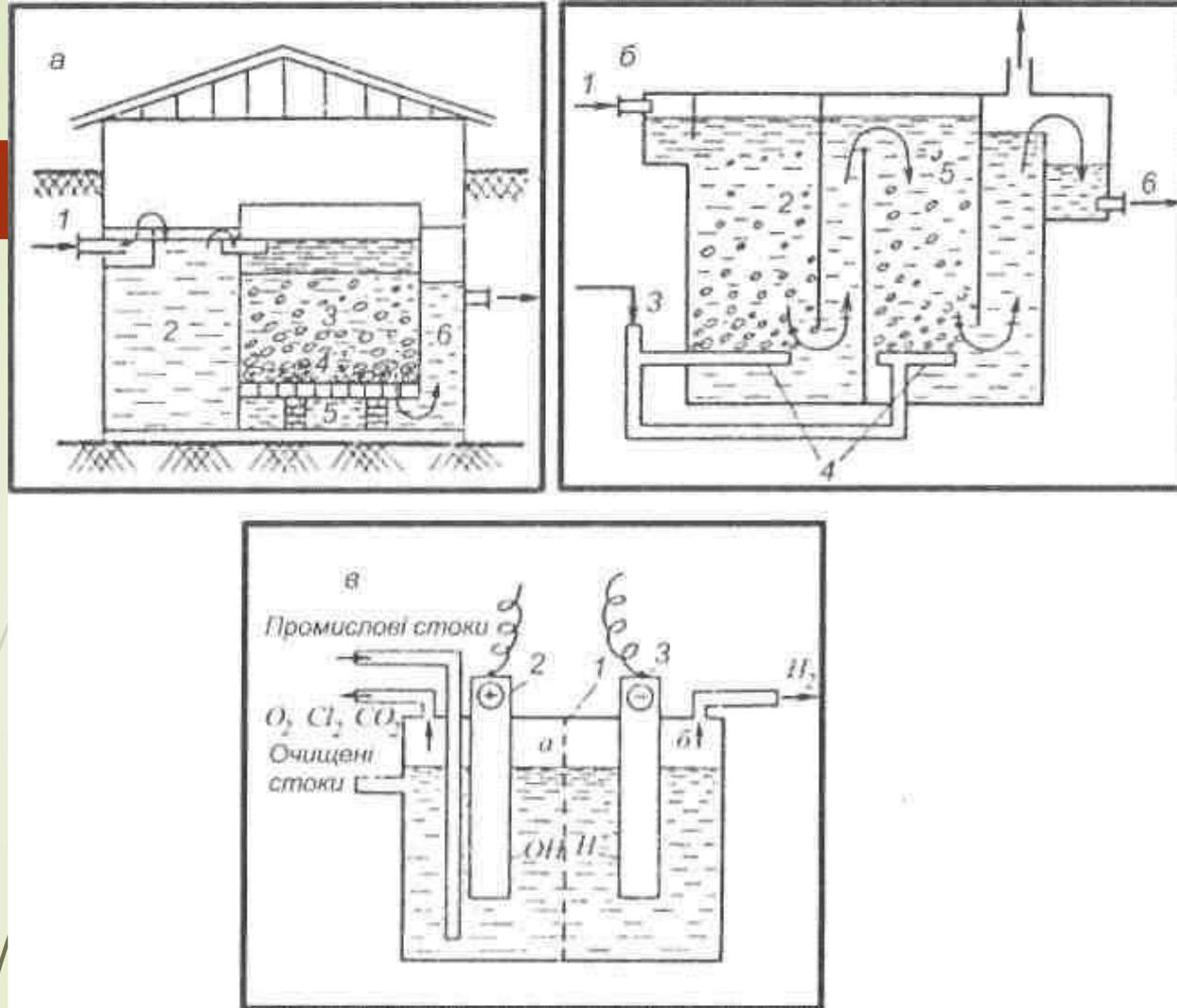


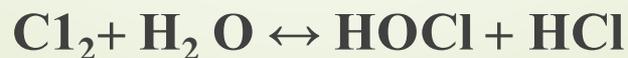
Рис. Основні види обладнання для хімічного очищення стічних вод:
 а – вертикальний доломітовий фільтр-нейтралізатор: 1 – подача кислих стічних вод; 2 – приймальна камера; 3 – доломітовий фільтр; 4 – гравій; 5 – дренаж; 6 – випуск нейтралізованих стічних вод;
 б – контактна камера озонування стічних вод: 1 – подача стічних вод; 2, 5 – камера озонування; 3 – введення озону; 4 – металокерамічні розпилювальні труби; 6 – вивід стічних вод;
 в – електролітична камера для очищення стічних вод: 1 – розділювальна перегородка; 2 – позитивний електрод; 3 – негативний електрод; 4 – вивід газу H_2 ; 5 – вивід газу O_2 , Cl_2 , CO_2 ; 6 – вивід очищених стічних вод.

Окислення застосовують для знешкодження виробничих стічних вод, в складі яких є токсичні домішки або сполуки, що недоцільно вилучати. На практиці часто застосовують окислювачі: хлор, хлорне вапно, діоксид хлору, озон, технічний кисень, гіпохлорид кальцію і натрію, кисень та ін.

Залежно від агрегатного стану хлору або хлоровмісних реагентів, що вводять у воду, визначають технологію обробки стічних вод. Якщо цю воду обробляють газоподібним хлором або озоном, то процес окислення здійснюють в окислювальних колонках або контактних камерах.

При окисленні розчинені отруйні речовини перетворюють у нетоксичні сполуки або в осад відстоюванням або фільтруванням стічних вод.

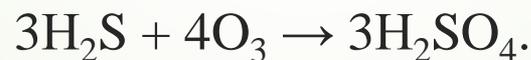
Хлор, що вводиться у стічну воду, гідролізується з подальшим утворенням хлорнуватистої та соляної кислот



Сильнішим окислювачем, ніж хлор, є озон. Він має здатність руйнувати при нормальній температурі у стічних водах значну кількість органічних сполук і домішок. Озон добувають безпосередньо на очисних спорудах в озонаторах. Він утворюється при електричному розряді в кисневому середовищі між двома електродами, до яких підводиться напруга 5-25 кВ. У процесі обробки стічних вод озон, що подається в контактну камеру у вигляді суміші, вступає в хімічні реакції з речовинами, що забруднюють воду.



При надлишку озону переважає реакція, в результаті якої утворюється сірчана кислота



Після цього протікає реакція гідролізу до утворення малошкідливих продуктів. Цей спосіб окислення озоном у практиці називають *озонуванням*.

► **Озонування** дає можливість одночасно знебарвлювати воду, усуває її присмаки, неприємні запахи тощо. Озонуванням можна очищати стічні води від фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин (ПАР), барвників у ароматичних вуглеводнів, пестицидів на промислових підприємствах.

Озон як окислювач має унікальні властивості. У водному розчині він дисоціює швидше, ніж у повітрі; дуже швидко дисоціює в слабколужних розчинах. У кислотних розчинах озон виявляє високу стійкість. У чистому сухому повітрі озон розкладається дуже повільно. При обробці води озоном відбувається розкладання органічних речовин і знешкодження води; бактерії гинуть у декілька тисяч разів швидше, ніж при обробці хлором, розчинність озону у воді залежить від рН і вмісту у воді розчинених речовин. Невеликий вміст кислот і нейтральних солей збільшує розчинність озону.

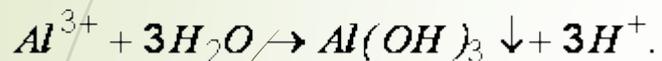
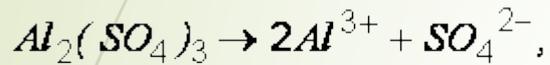
Метод відновлення застосовують для очищення стічних вод у випадках наявності легковідновлювальних речовин (ртуть, миш'як, хром). На промислових підприємствах цей метод застосовують інколи.

Разом з озонуванням і хлоруванням виробничих стічних вод застосовують електрохімічне окислення, що ґрунтується на електролізі виробничих стічних вод. Основу електролізу виробничих стічних вод становлять два процеси: анодне окислення і катодне відновлення.

Фізико-хімічне очищення стічних вод

Існують наступні способи фізико-хімічного очищення стічних вод: коагуляцію, сорбцію, адсорбцію, дезодорацію, екстракцію та ін.

Коагуляція — процес ущільнення дрібних часток, що знаходяться в зваженому стані, під впливом коагулянтів, що спеціально додаються. Частки утворюють інтенсивно осідаючі пухкі пластівчасті скупчення, що сорбують забруднюючі речовини і, осаджуючи з ними, очищають воду. Як коагулянти використовують солі алюмінію, заліза, магнію.





► *Сорбційне поглинання* – один із найбільш ефективних методів глибокого очищення стічних вод від ароматичних сполук, неелектролітів, барвників, гідрофобних сполук.

Сорбційне поглинання принципово не відрізняється від процесу адсорбції в газовій фазі. Тому в інженерній практиці цей метод часто називають адсорбційним методом очищення стічних вод. Його застосовують для очищення стічних вод від органічних (розчинники, розріджувачі, відходи лакофарбових матеріалів та ін.) і неорганічних (формальдегід, фенол, відходи синтетичних смол, аміак та ін.) речовин, якщо їх концентрація у воді незначна, вони біологічно не розкладаються і є дуже токсичними.

Адсорбційне очищення вод буває регенеративним (витягування речовин із адсорбенту та їх утилізація) і деструктивним (витягування речовини із адсорбенту та її знищення разом з адсорбентом).

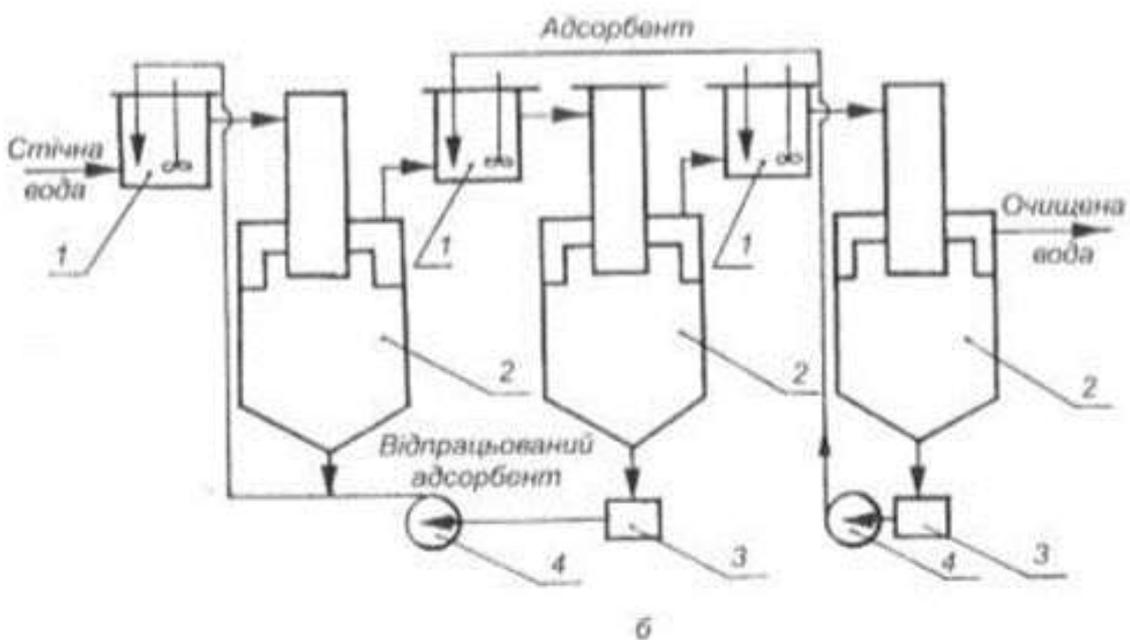
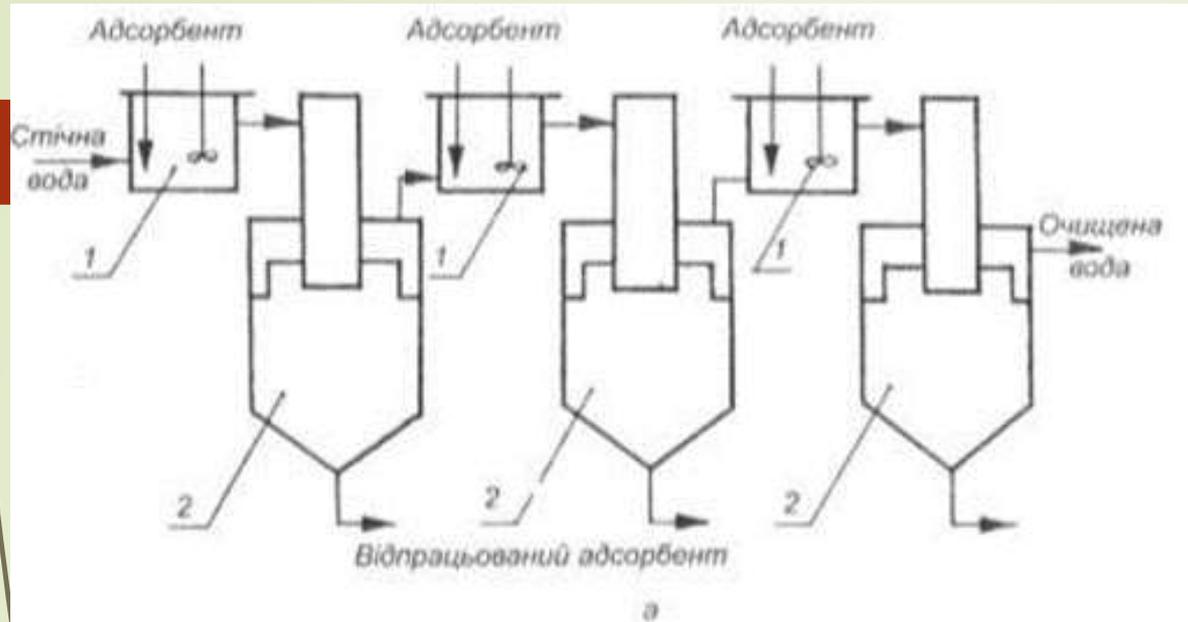


Рис. Схема адсорбційних установок:

а – з послідовним введенням адсорбенту:

1 – змішувачі;

2 – відстійники;

б – з протитічним введенням адсорбенту:

1 – змішувачі;

2 – відстійники;

3 – приймачі;

4 – насоси

- 
- ▶ **Екстракція** – це процес вилучення зі стічних вод корисних речовин за допомогою екстрагентів з такими властивостям: високою екстрагувальною, селективною здатністю; незначною розчинністю у воді; густиною, відмінною від густини води; незначним питомим теплом випаровування; невеликою теплоємністю; вибухозахистом та нетоксичністю; невеликою вартістю.
 - ▶ **Екстрагування** речовин зі стічних вод може здійснюватися за такими методами: перехреснопотоковим, ступінчасто-протитічним і безперервно-протитічним.



Евапорація (відгонка з водяною парою). Очищення стічних вод шляхом евапорації полягає у відгонці летких з водяною парою забруднювальних органічних речовин, наприклад, фенолів.

Евапорація відбувається або в апаратах періодичної дії, або ж в апаратах безперервної дії (скруберах). Стічна рідина протікає крізь колонку з насадкою назустріч парі, нагріваючись до 100°C. Пара, яка пройшла евапораційну колонку, надходить до скрубера, де звільняється від захоплених забруднювальних речовин.

Комплексне очищення стічних вод – один із методів фізико-хімічного очищення, характеризується економічністю, високою стійкістю та очисною здатністю. Цей метод застосовують для одночасного очищення побутових і виробничих стічних вод.

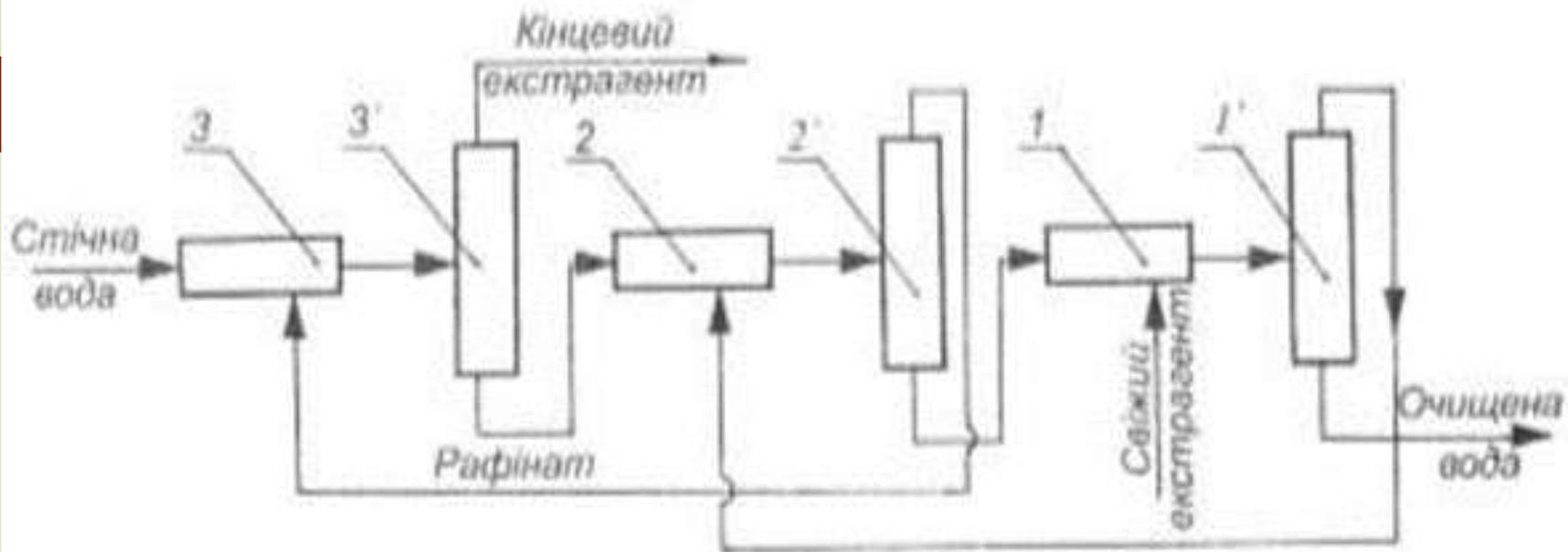


Рис. Схема багатоступеневої екстракційної установки:

1-3 – змішувачі;
1'-3' – відстійники

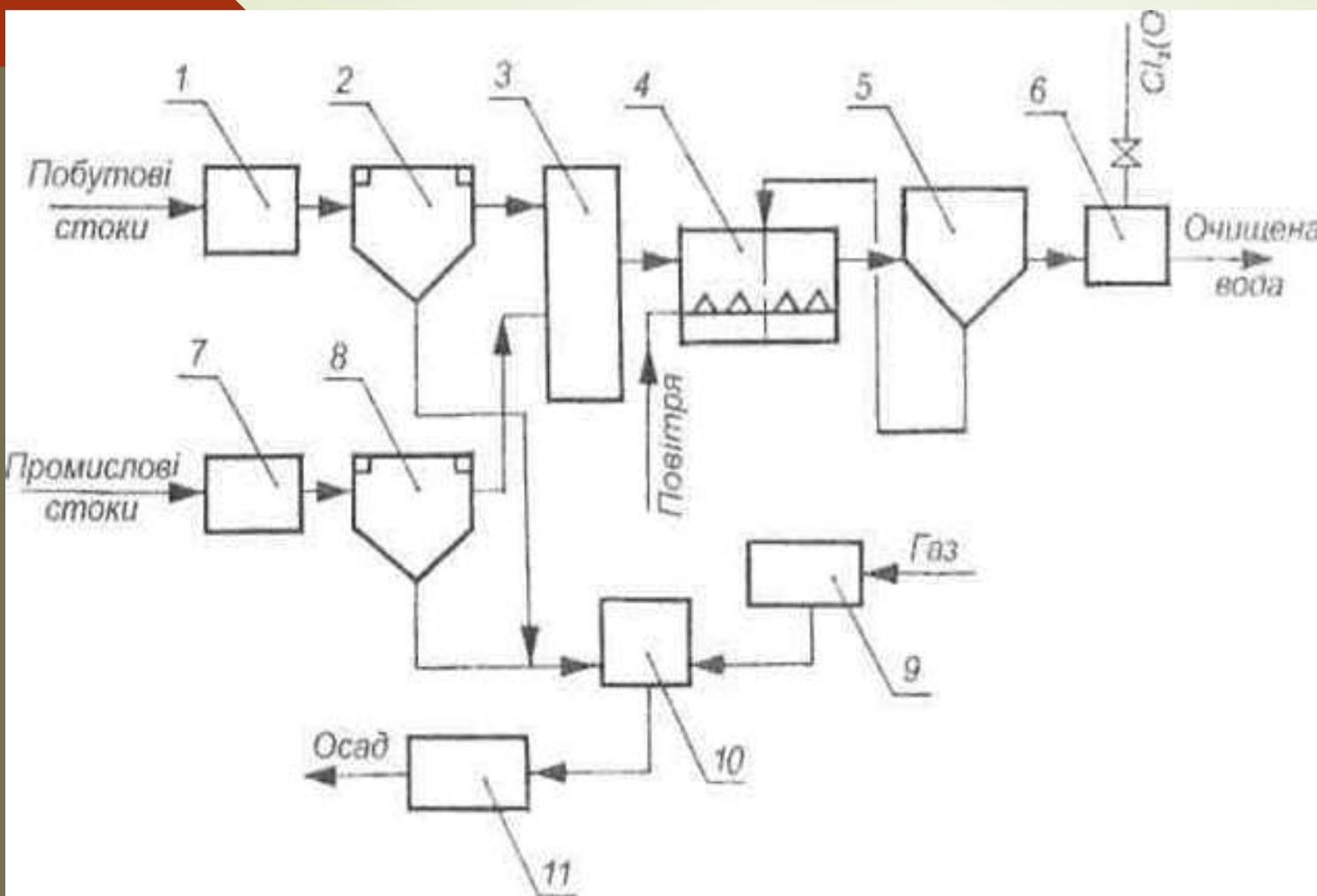


Рис. Схеми установки для поєднаного очищення побутових стічних вод:

- 1, 7 – усереднювачі;
- 2, 8 – первинні відстійники;
- 3. – змішувач;
- 4. – аеротенк;
- 5. – вторинний відстійник; 6 – ємність для знешкодження ;
- 9. – котельня;
- 10. – метатенк;
- 11. – апарат для зневоднення осаду

Біологічні та біохімічні методи очищення стічних вод

Види очисних споруд	Кількість кисню, г з 1 м ³ споруд за добу
Споруди природного біологічного очищення	
Поля зрошення	0,5-1,0
Поля фільтрації	2,0-36,0
Біологічні ставки	12,5
Споруди штучного біологічного очищення	
Контактні фільтри	72
Перколяторні фільтри	100
Аеротенки	1000
Аерофільтри	1000
Аерокоагулятори	4500

Біологічні методи очищення стічних вод полягають у розкладанні і мінералізації аеробним або анаеробним шляхом колоїдних і розчинених органічних речовин міських стічних вод, які не можна вилучити механічним шляхом. Найкращою умовою біологічного очищення стічних вод було б повне відокремлення мінеральних сполук від органічних. На жаль, це технічно не можливо.

Тому на практиці обмежуються відокремленням великих за розмірами домішок стічних вод на ґратах, великодисперсних домішок неорганічного походження – у піскоуловлювачах і основної кількості завислих речовин – у відстійниках. Після цього стічна рідина надходить на споруди біологічного очищення. Тверда фаза органічних речовин розкладається анаеробним шляхом, а рідина – аеробним.

Біологічне очищення – один із методів очищення стічних вод від багатьох органічних і деяких неорганічних домішок на підприємствах целюлозно-паперової, деревообробної, харчової та інших галузей промисловості. За характером цей метод аналогічний природним процесам, наприклад, біологічному очищенню організмів (біоценозу), до складу яких входить багато різних бактерій (простих і високоорганізованих), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу та антагонізму).

Основну роль у цьому комплексі відіграють бактерії, число яких знаходиться в межах від 10^6 до 10^{14} клітинок в одному грамі сухої біомаси. Число родів бактерій може досягати 5-10, а число видів – кілька десятків і навіть сотень.



Мікроорганізми + O₂ →

{ мікроорганізми + CO₂ + H₂O + біологічно
неокислені
розчинені речовини

- **Поля зрошення** – спеціально підготовані ділянки, призначені для очищення стічних. Водночас з очищенням вод вони використовуються для вирощування кормових сільськогосподарських культур або трав.



Поля фільтрації — ділянки, використовувані тільки для очищення стічних вод. На відведених під полю чи зрошення фільтрації ділянках прокладають магістральні і зрошувальні канали, споруджують ґрати, відстійники, установки утилізації і знешкодження відходів, иловые і песковые площадки і розподільні пристрої, через які проходять стічні води. Остаточне очищення води від забруднень відбувається в процесі фільтрації через шар ґрунту.



Біологічні ставки — штучно створені неглибокі водойми, у яких очищення стічних вод виробляється природним шляхом за участю рослинних і тваринних організмів, що населяють ставок. Звичайно влаштовують каскад, що з'єднує між собою три-п'ять ставків. У штучних умовах біологічне очищення стічних вод здійснюється в біофільтрах і аэротенках.



Біофільтри — залізобетонні резервуари, заповнені грубозернистим матеріалом, поверхня якого заселена аеробними мікроорганізмами. При проходженні стічної води через біофільтр мікроорганізми витягають з рідини розчинені органічні речовини, мінералізують їх.



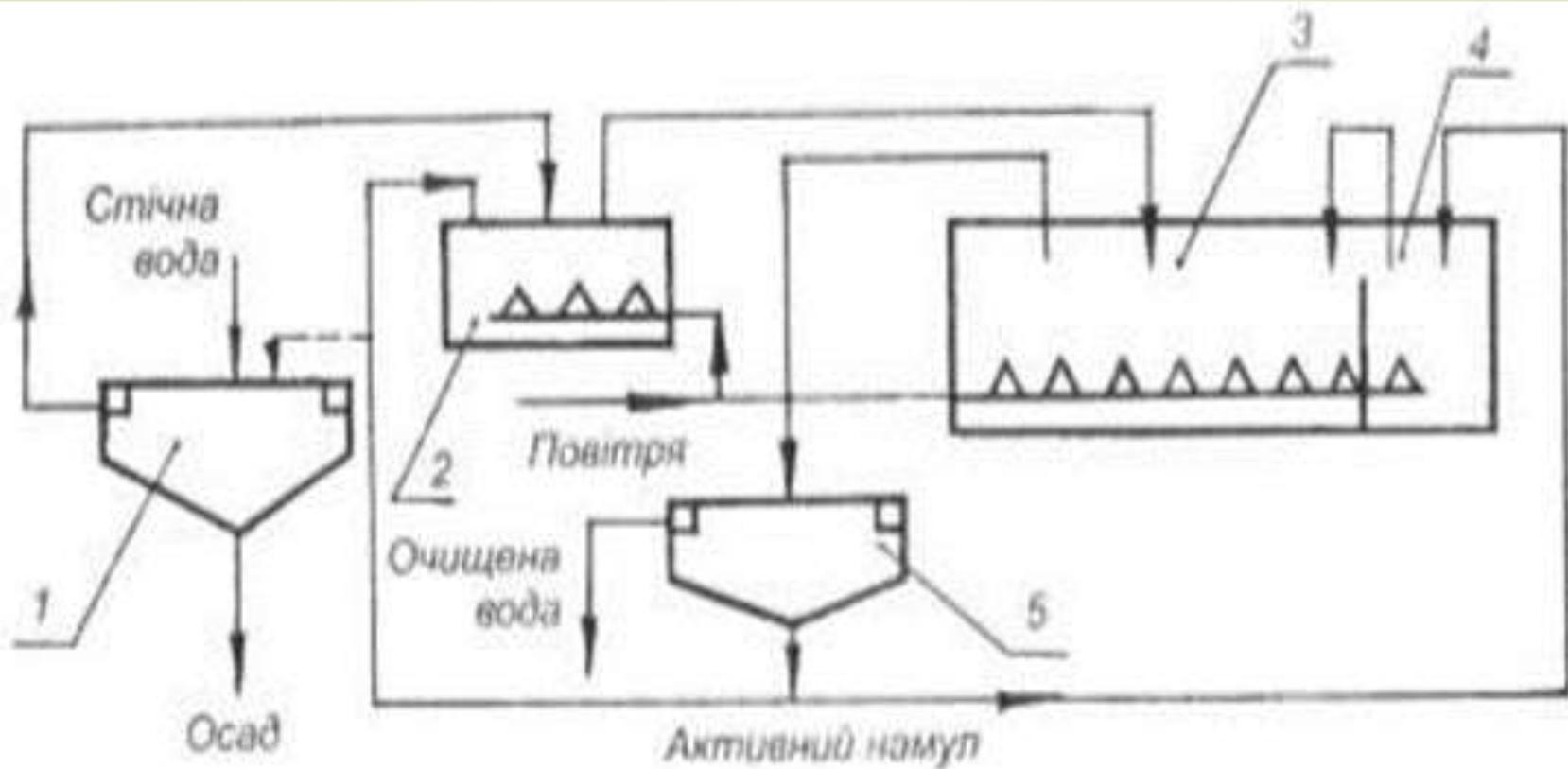


Рис. Схема установки для біологічного очищення стічних вод із використанням аеротенків:

- 1 – первинний відстійник;
- 2 – передаератор;
- 3 – аеротенк;
- 4 – регенератор;
- 5 – відстійник

Аэротенки — залізобетонні резервуари, по яких повільно пропускаються стічні води, збагачені киснем і змішані з активним мулом. Активний іл являє собою скупчення бактерій, найпростіших організмів, мікроскопічних тварин, водяних грибів, дріжджів, цвілі, що окисляють органічну речовину стічних вод. Після біологічного очищення воду дезінфікують рідким чи хлором хлорним вапном. Для дезінфекції використовують також і інші фізико-хімічні прийоми (ультразвук, електроліз, озонування й ін.), при яких гинуть усі бактерії, у тому числі і хвороботворні.



В останні роки застосовують двох- і триступінчасту схему біологічного очищення. При цьому обсяг аэротенка зменшується, знижується витрата повітря на 30...40%, підвищується ступінь очищення на 10...15%.



Система очистки промислових стоків.



Самоочищення води в річках і ВОДОЙМАХ

Під *самоочищенням природних вод* розуміють сукупність процесів, направлених на відновлення початкових властивостей, які були порушені при скиданні забруднених стічних вод.

Залежно від інтенсивності зовнішнього впливу на водну екосистему і характеру протікання в ній різних за своєю сутністю процесів відбувається або її повне відновлення, або водна система переходить в інший стан – стан стічної канави. Тобто, при скиданні стічних вод в природні водойми може відбуватись або не відбуватись їх самоочищення. При самоочищенні під впливом фізичних, хімічних та біохімічних процесів забруднювачі трансформуються в інші речовини, які або споживаються гідробіонтами, або випадають в осад, залишаючи свої токсичні і хвороботворні властивості.

До фізичного механізму очищення можна відносити газообмін на межі розділу атмосфера-вода, сорбцію, осідання і піднімання завислих речовин.

При хімічному очищенні може проходити процес фотосинтезу або гідролізу. В першому випадку здійснюється перетворення молекул речовин під дією поглинаючого ними світла. Більша частина сонячної енергії, яка поглинається водою, перетворюється в тепло і бере участь в фотохімічних реакціях.



Біохімічне очищення здійснюється гідробіонтами – аеробними мікроорганізмами: це основний шлях самоочищення водних джерел, де як споживач мінералізованих речовин є фітопланктон. Інтенсивність біохімічного процесу і нарощування біомаси збільшується при більш високих температурах води і насиченості її киснем. Фітопланктон є кормом для водної фауни, в тому числі для риби.



Ефект самоочищення можна збільшити і штучним шляхом.

Основними технічними вирішеннями цієї проблеми є зміна, тобто збільшення швидкості течії, форми поперечного перерізу русла, матеріалу кріплення берегових схилів, а також розробкою спеціальних біоінженерних споруд, так званих **біоплато**.

Біоплато – це заселення деяких ділянок русла річок водною рослинністю – бактеріоперифітоном, яке окислює не тільки звичайні органічні речовини, але й пестициди, хлорорганічні, поглинає нафтопродукти, феноли, радіонукліди, іони важких металів.



ДЯКУЮ

ЗА

УВАГУ