

Лекційне заняття №13. Нетрадиційні джерела промислового водопостачання

Мета заняття: розуміння особливостей застосування біологічно очищених стічних вод для технічного водопостачання; опанування принципами технології підготовки стічних вод для використання на промислових підприємствах; з'ясувати особливості застосування коагулянтів та активованого вугілля для доочищення стічних вод; засвоїти методи зниження мінералізації вод після адсорбційного очищення; усвідомити особливості очищення поверхневого стоку для технічного водопостачання.

План

1. Джерела технічного водопостачання на основі біологічно очищених стічних вод. Підживлення зворотних систем водопостачання: вимоги до якості очищених стічних вод.
2. Технологічні схеми підготовки стічних вод для використання у промисловості.
3. Застосування коагулянтів та активованого вугілля для доочищення стічних вод після біологічних очисних споруд.
4. Зниження мінералізації біологічно очищених стічних вод після адсорбційного очищення.
5. Використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання.

1. Використання доочищених стічних вод як джерела технічного водопостачання дає змогу значно скоротити потребу підприємства у свіжій водних басейнів від забруднення. На сьогодні вважається принципово можливим за певних умов використання доочищених міських стічних вод у технічному водопостачанні.

При цьому вирішуються два головні завдання:

- зменшується скидання міських стічних вод у поверхневі водоймища, і тим самим покращується їх санітарний стан;
- скорочується або повністю виключається забір свіжої води для технічних потреб.

Відповідно до цього доля стічних вод для підживлення зворотних систем може змінюватися від 5–10 до 100 %. Можливість використання біологічно очищених міських стічних вод у технічному водопостачанні визначається не тільки технічними й економічними, але і санітарно-гігієнічними вимогами. Санітарно-гігієнічні аспекти проблеми використання міських стічних вод, що доочищують, пов'язані насамперед із їх епідемічною небезпечністю зважаючи на наявність у них господарсько-фекальних стоків. Здебільшого необхідне додаткове очищення фізико-хімічними методами та знезараження такої води, що може бути досягнуте фільтруванням через шар зернистого завантаження з подальшим хлоруванням фільтрату. Проте і за дотриманням цих умов необхідне певне обмеження для використання біологічно очищених міських стоків у промисловості замість свіжої води, наприклад, недопустимо

використання очищених міських стічних вод у харчовій, м'ясо-молочній, фармацевтичній промисловості, де їх вживання може завдати шкоди здоров'ю людей. Доочищені міські стічні води не можна використовувати на підприємствах для поливу території, миття устаткування, у випадках, коли у складі міських стічних вод містяться промислові стоки, що спричиняють появу запаху і забарвлення. Доочищені міські стічні води доцільно використовувати передусім на водомістких підприємствах, де технологічні процеси не пов'язані з безпосереднім контактом працівників із технічною водою.

Рекомендації з основних методів доочищення міських стічних вод при повторному використанні їх у технічному водопостачанні.

У процесі використання очищених стічних вод як основне джерело технічного водопостачання промислових підприємств необхідно, аби якість очищених стоків відповідала вимогам, що ставляться до органічного і мінерального складів води, використовуваної в промисловості для різних технологічних цілей. Максимальна жорсткість води в одних випадках не повинна перевищувати декількох десятків мікрограмів, а в інших – допускається тимчасова жорсткість 2,5–3 мг-екв/л. Допустимий вміст сульфатів зазвичай залежить від загальної жорсткості води та має бути достатньо малим, для того, щоб у теплообмінних системах не утворювалися відкладення гіпсу. При підвищеному вмісті у воді солей кальцію або магнію в технологічну схему доочищення стічних вод доводиться вводити зм'якшування.

Жорстке дотримання вимог до усунення з підживлювальної води солей, що містять біогенні елементи (азот і фосфор), або виключення одного з них є надійною гарантією запобігання розвитку біологічних обростань у теплообмінних системах. Основним критерієм придатності води для зворотного водопостачання (окрім систем, в яких використовують глибоко знесолену воду) є термостабільність, що забезпечує відсутність інкрустації трубопроводів і теплообмінних поверхонь карбонатом кальцію та основними солями магнію, що кристалізуються у разі порушення вуглекислотної рівноваги. За умов високої мінералізації стічних вод і великої загальної жорсткості води термостабільність води визначається також вмістом іонів SO_4 – настільки малим, аби при зміні температури води вміст $CaSO_4$ залишався значно менше за його розчинність. Корозійна активність зворотної води визначається загальною мінералізацією, значенням рН, концентрацією сульфатів і хлоридів і кількістю розчиненого кисню.

Що стосується допустимого вмісту органічних речовин в очищених стічних водах, використовуваних для зворотного водопостачання, то за відсутності обмежень окремих виробництв значення ХПК води не повинне перевищувати 15 мг/л. За умов більшого вмісту цих речовин посилюється біологічне обростання у зворотних системах, а інколи і посилюється біологічне обростання, а інколи й корозія сталі та бетону. Унаслідок адсорбційного доочищення біологічно очищених стічних вод сформульовані вимоги до якості доочищених стічних вод. Вода після доочищення повинна

містити суспензій менше за 3 мг/л, фосфатів – 4 мг/л PO_4^{3-} , поверхнево-активних речовин у перерахунку на алкілбензолсульфонат – 0,25-0,5 мг/л; БПК5 повинно становити 2 мг/л. Вміст органічних речовин враховують за БПК5. Це пов'язано з тим, що обмеження концентрації органічних речовин обумовлене лише вимогами до біологічного обростання, але не до корозії, або особливостями подальшої обробки води. Орієнтовний перерахунок цих даних на ХПК дає граничне значення – 8-10 мг O_2 /л. Ці вимоги до очищеної стічної води можуть бути справедливими та для підживлення зворотних систем, що працюють без продувки. Додатковою та дуже істотною умовою при підготовці стічних вод для підживлення безстічних (замкнених) зворотних систем є постійність загального солевмісту і співвідношення концентрації різних аніонів, що дає змогу відмовитися від скидання вод із продувкою теплообмінних систем. У звичайних зворотних системах промислового водопостачання потреба у воді задовольняється за допомогою додавання свіжої води з природних джерел, яка проходить необхідне очищення і коректування складу. У безстічних (замкнених) системах водопостачання підприємств замість свіжої води використовують доочищену до норм якості технічної води суміш промислових і побутових стічних вод, що попередньо пройшли біологічне очищення, або промислові стоки після достатньо глибокого локального фізико-хімічного очищення. Обов'язковою умовою застосування доочищених міських стічних вод є їх хлорування. Можливості повторного використання біологічно очищених стічних вод на підприємствах різних галузей промисловості неоднакові, і відповідно до цього істотно розрізняється необхідна міра складності додаткового очищення і підготовки води для технічних потреб. У разі використання очищених стічних вод як теплоносія для доочищення рекомендують такі методи: освітлення на швидких фільтрах при швидкості фільтрації 7–8 м/год (завантаження – пісок з крупністю зерен 1–2 мм і товщиною шару 1-1,5 м); освітлення на двошарових фільтрах при швидкості фільтрації 9–10 м/год (завантаження - пісок з крупністю зерен 0,8–1,4 мм і товщиною шару 0,5 м, а також антрацит крупністю зерен 1–2 мм і товщиною шару 0,5 м); фільтрація на контактних освітлювачах типа КО-3 при швидкості 8–9 м/год, завантаження – пісок із крупністю зерен 1–2 мм і товщиною шару 1,5 м); фільтрація на мікрофільтрах при швидкості 25–30 м/год (розмір отворів – 40 мкм). Фільтри промивають водою протягом 5-7 хв. Інтенсивність водяного промивки становить 15-16 л/с×м². Витрата промивної води – 5-6% фільтрованої витрати. Контактні фільтри типу КО-3 продувають повітрям протягом 1–1,5 хв при інтенсивності 18-20 л/с×м², потім одночасно продувають повітрям при інтенсивності 12–20 л/с×м² і промивають водою при інтенсивності водяного потоку 2–3 л/с×м² протягом 6-7 хв.; після цього промивають водою інтенсивністю 6–7 л/с×м² протягом 4-5 хв. Витрата промивної води в цьому разі скорочується на 2,5–3 %. Як при водяній, так і при водоповітряній промивках 1–2 рази в рік фільтри промивають хлорованою водою з концентрацією хлору 200 мг/л. У всіх випадках необхідно виконувати знезараження очищених стоків хлоруванням дозами 5–

10 мг/л. Вживання цього методу доочищення забезпечує зниження вмісту зважених речовин на 55–75 % і БПК – на 25-50 %. Під час використання очищених стічних вод як поглинального середовища застосовують освітлення, а у разі необхідності – мікрофільтрацію. Знезараження очищених стоків здійснюють хлором дозою 10 мг/л. Загалом використання біологічно очищених стічних вод для підживлення зворотних систем теплообмінного водопостачання або систем гідротранспорту матеріальних потоків не вимагає складної додаткової підготовки води, якщо не передбачається повне замикання циклу без скиду стічних вод з продувкою зворотних систем. Додаткова підготовка біологічно очищених стоків повинна забезпечити практично повне видалення органічних речовин, сполук, що містять біогенні елементи, а також солей жорсткості та забезпечити збереження солевмісту у зворотній воді на постійному рівні.

2. Глибоке очищення досягається шляхом поєднання реагентної обробки стічних вод з адсорбційним ступенем очищення – фільтрування стічних вод через активоване вугілля. За необхідності витягування зі стічних вод з'єднань азоту технологічні схеми доповнюють ступенем очищення, заснованим на одному з фізико-хімічних методів (іонний обмін, віддушка, окислення) або біологічному процесі нітрифікації-денітрифікації. У технологічних схемах більшості станцій глибокого доочищення біологічно очищених стічних вод, що діють, і проєктованих, передбачається попереднє оброблення води вапном для видалення найбільшої маси колоїдних органічних речовин і аміаку, декарбонізація та осадження карбонату кальцію, фільтрування через фільтри із зернистим завантаженням. Потім здійснюється адсорбційне очищення води активним вугіллям для максимального видалення низькомолекулярних розчинених органічних забруднень і знезараження води хлором. У деяких випадках до складу споруд, зважаючи на характер забруднень біологічно очищених стічних вод, додатково включають установки флотації для видалення поверхнево-активних речовин. Спрощену принципову технологічну схему такої установки наведено на рисунку 1.

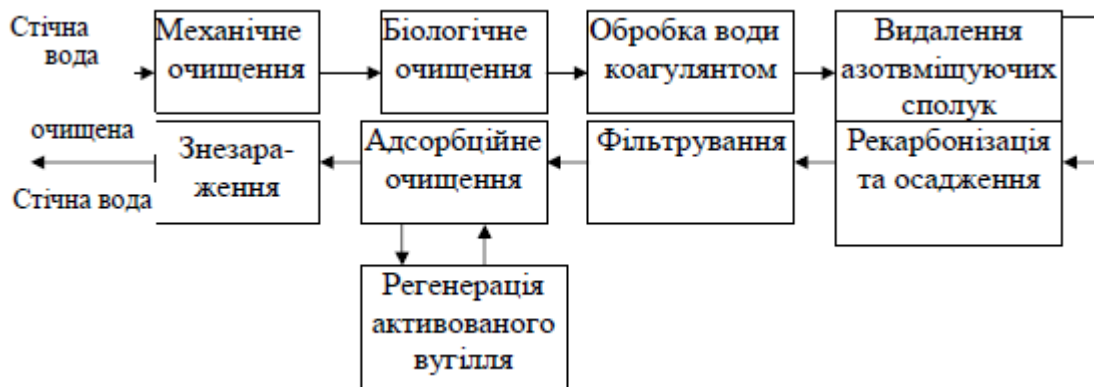
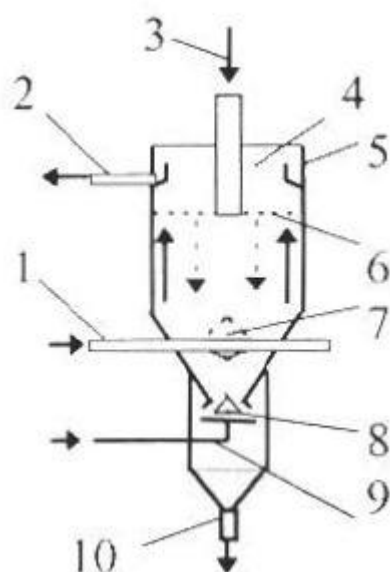


Рисунок 1 – Технологічна схема установки глибокого очищення стічних вод із використанням адсорбційних методів вилучення органічних забруднень

Для адсорбційного очищення стічних вод на різних установках використовують апарати з рухомим, нерухомим або псевдорідким шаром, а також цілі комплекси споруд для очищення води порошкоподібним активованим вугіллям. Застосування того чи іншого різновиду апаратурного оформлення адсорбційного процесу, як і методу регенерування відпрацьованого активованого вугілля, може вносити певні зміни у послідовність окремих технологічних операцій, але загалом технологічна схема глибокого доочищення стічних вод не зазнає істотних змін. Якість отриманої очищеної води дає змогу застосовувати її для різних виробничих цілей, підживлення систем зворотного водопостачання промислових підприємств, а також для сільськогосподарського зрошення. Нині час найбільш розробленим є процес сорбції розчинених органічних речовин з очищених стічних вод гранульованим активним вугіллям. Основними вузлами технологічної схеми обробки стічних вод активованим вугіллям є адсорбери, що забезпечують його контакт зі стічними водами, і система гідравлічного переміщення вугілля, за допомогою якої відпрацьоване вугілля подається в піч на регенерацію. Регенероване вугілля повертається назад в адсорбер. Застосовують адсорбери двох типів – з висхідним і низхідним напрямом фільтраційного потоку (з рухливим або щільним нерухомим завантаженням).



1 – подача стічних вод на очищення; 2 – відведення очищеної води; 3 – подача чистого вугілля; 4 – збірний лоток очищеної води; 5 – корпус адсорбера; 6 – рівень завантаження вугіллям в адсорбері; 7 – розподільник стічних вод; 8 – клапан вивантаження відпрацьованого вугілля; 9 – дозована подача води для вивантаження вугілля; 10 – відведення відпрацьованого вугілля

Рисунок 2 – Адсорбер із рухливим шаром завантаження

За умов висхідного напрямку руху фільтрувальний шар знаходиться в рухливому стані. У цьому разі робота адсорберів заснована на принципі

протитечії, до того ж цьому вода рухається від низу догори, а вугілля назустріч. Відпрацьоване вугілля безперервно видаляється в нижній частині адсорбера, а зверху додають свіже (регенероване) вугілля. Як фільтрувальний матеріал, у практиці очищення води застосовують вугілля АГ-3, АГ-2, АГ-5 тощо. Адсорбери з рухливим шаром завантаження ефективніші для доочищення стічних вод із невеликим вмістом зважених речовин на станціях невеликої продуктивності. На очисних станціях великої продуктивності більш економічними є адсорбери з нерухомим завантаженням. Стічні води з ХПК >150 мг/л доочищаються в колонних адсорберах відкритого або напірного типів діаметром не більше 5 м і заввишки менш як 12 м. При доочищенні стічних вод в адсорберах з нерухомим шаром завантаження швидкість потоку води приймається 4-10 м/год, втрати напору при цьому становить 40–60 % від висоти завантаження. При доочищенні стічних вод із концентрацією зважених речовин понад 10 мг/л значно зростають втрати напору і погіршується якість фільтрату. Аби забезпечити глибоке доочищення при одночасно повному використанні адсорбційної місткості вугілля в адсорберах із нерухомим завантаженням, стічні води пропускають послідовно через декілька груп адсорберів, які паралельно працюють. При сорбційному доочищенні стічних вод необхідно попередньо освітлювати воду, аби понизити навантаження на сорбент. Глибоке освітлення вод покращує кінетику сорбції, значно подовжує термін служби активного вугілля, полегшує його подальшу регенерацію. Здебільшого для прояснення біохімічно очищених стічних вод перед надходженням на адсорбери піддаються очищенню на зернистих фільтрах. Варто зазначити також, що залежно від марки, дисперсності використовуваного активного вугілля, апаратурного оформлення адсорбційного очищення води та характеру витягуваних зі стічних вод забруднень технологія регенерації відпрацьованого адсорбенту може бути різною.

3. Простим фільтруванням зі стічних вод не вдається видалити колоїдні, і мало того, розчинені забруднення. Тому стічні води, доочищені тільки фільтруванням в системах технічного водопостачання знаходять обмежене застосування. Зокрема, такі води не можуть використовуватися для підживлення повністю замкнених циклів зворотного водопостачання.

Як методи доочищення стічних вод застосовують мікрофільтрацію, фільтрацію через зернисті матеріали, відстоювання з коагуляцією, флотацію з використанням реагентів або без них, біологічне окислення в ставках із природною або штучною аерацією, сорбцію, окислення, методи видалення азоту і фосфору. Повторне використання біологічно очищених виробничих стічних вод у технологічних процесах визначається вимогами, що ставляться до води. У біологічно очищених стічних водах містяться високомолекулярні органічні речовини, які сорбували на поверхні пластівців гідроокисів алюмінію та заліза, і тому їх можна видалити зі стічних вод коагулянтами. Вживання алюмінієвого і залізного коагулянтів дає змогу істотно знизити ХПК і кольоровість біологічно очищених міських стічних вод. Проте при

цьому витрачається значна кількість коагулянтів. Зниження ХПК на 50 % досягається лише при дозі коагулянту не менше 200 мг/л із розрахунку на товарний продукт. Варто врахувати, що до коагуляції стічні води характеризувалися такими показниками: ХПК – 31 мг О₂/л, кольоровість – 43 град, лужність – 4,9 мг-екв/л. У багатьох міських стоках ХПК біологічно очищених стічних вод перевищує це значення ХПК у 3–4 рази (120–150 мг/л). Мабуть, питома витрата коагулянтів для зниження ХПК до 15 міліграма мг/л виявиться значно вищою. При підвищенні дози сульфату алюмінію до 200 мг/л і більше ХПК знижується на 50–55 %, а кольоровість на 60–70 %. Той самий ефект досягається при вживанні в 2 рази менших доз хлорного заліза. Проте вживання цього коагулянту ускладнене тим, що його розчин володіє високою агресивністю через присутність соляної кислоти, що утворюється при його гідролізі.

Оскільки ХПК певною мірою характеризується загальним вмістом органічних речовин у воді, а забарвлення біологічно очищених стічних вод обумовлене переважно високомолекулярними та заліза, то обробка води коагулянтом звільняє стічні води переважно від високомолекулярних органічних сполук, залишаючи в розчині низькомолекулярні речовини. Загалом під час розв'язання питання про доцільність вживання коагулянтів для доочищення стічних вод з метою їх повторного використання в замкнених системах промислового водопостачання необхідно мати на увазі, що відходами установок для очищення води коагулянтами є шлами, утворені пластівцями сильно забруднених гідроокисів алюмінію або заліза, що осіли. Вологість цих шламів перевищує 98 %. Об'єм їх при великих дозах коагулянту становить 3–5% об'єму проясненої води. Фільтруються такі шлами дуже погано. Для цього краще за інших придатні фільтри ФПАКМ, але в таких випадках варто застосовувати допоміжні фільтрувальні матеріали. Вологість осаду після фільтрації – не нижче 80 %. У безстічних і безвідходних системах водопостачання підприємств вживання коагулянтів у кожному конкретному випадку пов'язане з можливістю утилізації шламів, їх ліквідації або регенерації з них коагулянтів. Негативною рисою вживання коагулянту в системах доочищення стічних вод є невелика швидкість руху води у відстійниках (не більше 3–4 м/год), що вимагає великих габаритів очисних споруд на стадії освітлення біологічно очищених стоків. В окремих випадках, проте, доцільно вводити доочистку стічних вод коагулянтами перед завершальною стадією видалення органічних забруднень стічних вод адсорбцією. При цьому досягається значне скорочення питомих витрат активного вугілля, але з'являються додаткові витрати на ліквідацію шламів. Отже, у кожному конкретному випадку рішення має бути прийняте на підставі ретельного техніко-економічного аналізу. При доочищенні міських стічних вод попереднє освітлення біологічно очищених стоків коагулянтом дає змогу скоротити витрату активного вугілля в 3–4 рази. Тому раціональне розв'язання задачі ліквідації або утилізації шламів, що утворюються при освітленні стічних вод, дало б істотний економічний ефект.

Вживання коагулянтів перед адсорбційним доочищенням біологічно очищених міських стічних вод дає змогу істотно знизити вміст у воді фосфатів, що особливо важливе для запобігання інтенсивному біологічному обростанню зворотних систем, підживлюваних міськими стоками.

Застосування активного вугілля для глибокого очищення стічних вод від органічних речовин

За умов порівняно невисокого вмісту органічних речовин в стічній воді та їх обмеженій розчинності вживання адсорбентів, насамперед активного вугілля, у багатьох випадках дає найвищий ефект. У таких локальних адсорбційних установках, що розміщуються безпосередньо на тих ділянках виробництва, де утворюються стоки, поєднується повернення продуктів, що витягують зі стічних вод з регенерацією поглинальної здатності адсорбенту.

Регенерація адсорбенту створює можливість його багаторазового використання, інколи протягом декількох років, що істотно підвищує економічність процесу очищення. Локальні адсорбційні установки застосовуються і в тих випадках, коли в стічних водах міститься суміш речовин, що включає біохімічно стійкі або високотоксичні компоненти. Такі стічні води без локального очищення не можна подавати на загальнозаводські або міські біологічні очисні споруди, оскільки токсичні компоненти спричиняють порушення нормального перебігу процесів біологічного окислення або проходять через споруди біологічного очищення без руйнування. Якщо адсорбент поглинає зі стічних вод усі органічні компоненти, то стічні води після локальної адсорбційної установки можна повертати в технологічний процес або використовувати для підживлення найближчої зворотної теплообмінної системи за умови, що солеміст і рН цих вод не перешкоджають цьому.

Для ефективного очищення водних розчинів адсорбенти повинні найслабше взаємодіяти з молекулами води при високій енергії взаємодії з витягуваними органічними речовинами. Ці властивості характерні для гідрофобних вуглецевих матеріалів, до яких відноситься активне вугілля.

Мінеральні адсорбенти – силікагелі, алюмогелі, глинисті мінерали які є гідрофільними матеріалами, що володіють високою енергією є взаємодії з молекулами води. Глибоке очищення стічних вод методом сорбції активними сорбентами з активованим вугіллям в комплексі з механічним, фізико-хімічним або хімічним очищенням дає змогу видалити зі стічних вод органічні біохімічно неокиснювані розчинені домішки. При цьому з води, що очищається, можна видалити органічні забруднення до практично нульових залишкових концентрацій. І, нарешті, при регенерації відпрацьованого активного вугілля не утворюються шкідливі відходи.

Адсорбційне очищення стоків активованим вугіллям є найбільш універсальним методом глибокого доочищення біологічно очищених міських і промислових стічних вод від органічних речовин, а також забезпечує можливість подальшого знесолювання стічних вод і коректування їх мінерального складу відповідно до технологічних вимог конкретних виробництв.

4. Використання очищених стічних вод для промислового водопостачання підприємства залежно від призначення технічної води пов'язане з більш-менш глибоким зм'якшуванням води, зниженням її мінералізації до певного рівня або практично з повним знесолюванням води. Найчастіше в промисловості реалізують схеми оборотного водопостачання, в яких вода не забруднюється, а підігріта в теплообмінних апаратах охолоджується на градирнях, у бризкальних басейнах чи інших пристроях і знову повертається в теплообмінники. При цьому вода багаторазово і послідовно зазнає фізико-хімічного впливу (випаровується, підігрівається, охолоджується, втрачається під час випаровування тощо) і поступово стає більш мінералізованою. Унаслідок цього стабільність зворотної води порушується, вода стає корозійно активною або здатною до відкладання мінеральних солей. Через це для поповнення втрат зворотної води та відновлення її якості в систему додають підживлювальну воду. При цьому для запобігання підвищенню загального солемісту у зворотній воді застосовують «продувку» системи, тобто скид частини води. Однак з економічного та екологічного погляду доцільніше створювати системи замкненого водопостачання (тобто такі, що працюють без «продувки») на основі повторного використання глибоко очищених та частково знесолених стічних вод. Такі системи, в яких підтримується тривалий час постійний склад води, отримали назву замкнених зворотних циклів. Підживлення їх свіжою водою здійснюється тільки в кількостях, необхідних для компенсації втрат унаслідок випаровування, віднесення дрібних крапель води з вітром на градирнях і інших неминучих виробничих втрат.

Сума всіх цих втрат зазвичай не перевищує 1–2%, тоді як у вигляді стабілізаційного скиду зі звичайних зворотних систем виводиться від 6 до 10 % зворотної води, і отже, для компенсації втрат води необхідно вводити в систему щодоби від 8 до 12 % води, що циркулює в системі. Визначення необхідного рівня знесолювання води здійснюють на підставі матеріального балансу втрат солей унаслідок випаровування і краплинного віднесення, втрат зворотної води у виробничих процесах і надходження солей із водою, що вводиться в систему для компенсації втрат зворотної води. Для підживлення зворотних систем теплообмінного водопостачання інколи достатньо усунути карбонатну жорсткість води. Загалом потрібно скоректувати їх іонний склад так, щоб не тільки запобігти утворенню карбонатних відкладень, але також виключити відкладення гіпсу і накопичення розчинних солей у зворотній воді, не удаючись до так званого стабілізаційного скидання частини зворотної води з системи для заміни її менш мінералізованою. Усунути скидання води з продувкою оборотних систем і перетворити тим самим систему зворотного водопостачання на замкнену, а також отримати технічну воду, придатну для будь-яких промислових потреб, дають змогу адсорбційно-іонообмінні установки доочищення стічних вод. У системах замкненого водопостачання на основі повторного використання очищених стічних вод необхідне коректування сольового складу води досягається послідовним Н-катионуванням і ОН-

аніонуванням стічної води після адсорбційного доочищення. Залежно від обраної технологічної схеми водопідготовки та вимог до сольового складу підживлювальної води оброблення методом іонного обміну може піддаватися вся вода, яка пройшла через адсорбційні колони, або частина її з подальшим змішуванням знесоленої і не знесоленої води. Знесолювання і зм'якшування очищених стічних вод дає змогу багаторазово використовувати їх як технічну воду в більшості технологічних і теплообмінних процесів. Разом зі скороченням споживання свіжої прісної води підприємством при цьому створюється реальна можливість організації замкненого циклу промислового водопостачання, що виключає скид стічних вод до водоймищ. На рисунку 3 наведено схему адсорбційно-іонообмінні установки доочищення стічних вод.

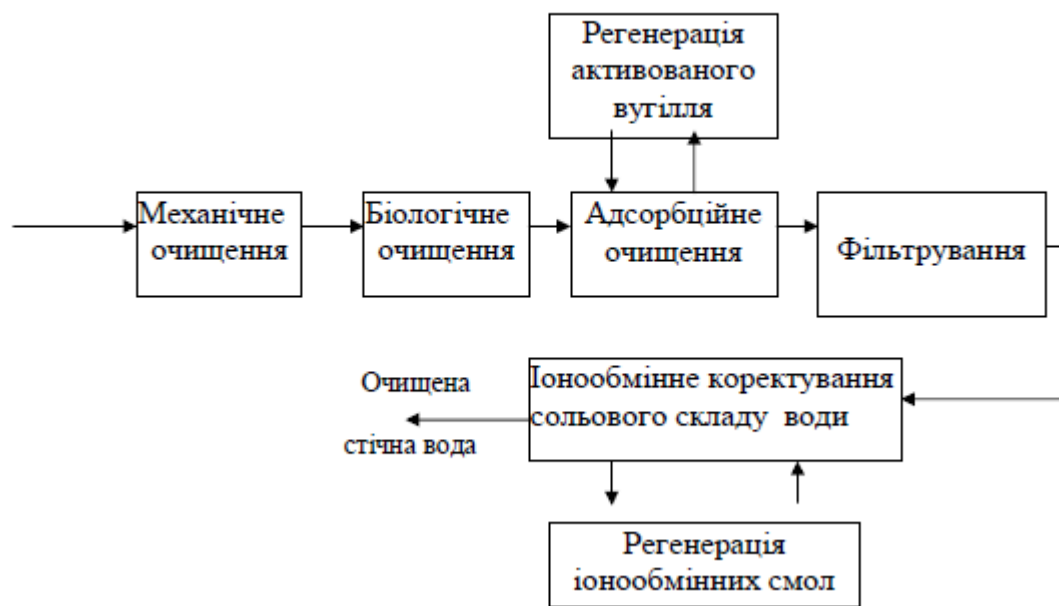


Рисунок 3 – Технологічна схема адсорбційно-іонообмінної установки доочищення стічних вод

Регенерація смол, тобто витиснення з них катіонів металів (катіонів твердості) й аніонів солей (SO_4^{2-} і Cl^-) іонами H^+ і OH^+ , можлива за умови зміщення динамічної рівноваги обміну у зворотному напрямку, а саме при застосуванні надлишку відновлювальних іонів. Зазвичай регенерацію здійснюють розчинами кислот і луг. Однак необхідність повної утилізації відпрацьованих розчинів під час корегування сольового складу води оборотних замкнених (безстічних) систем водопостачання призводить до необхідності переходити до використання малих обсягів концентрованих розчинів, застосування для регенерації катіонітів азотної кислоти, а для регенерації аніонітів – аміаку. При цьому регенераційні розчини легко можна переробити на азотні добрива.

Безвідходність процесу підготовки підживлювальної води з біологічно очищених стічних вод забезпечується багаторазовим регенеруванням

активованого вугілля та використанням для регенерування іонообмінних смол концентрованих розчинів азотної кислоти та аміаку замість звичайних розбавлених розчинів сульфатної кислоти та гідроксиду натрію. Така заміна реагентів разом з порційною технологією регенерування іонообмінних фільтрів дає змогу утилізувати відпрацьовані регенераційні розчини у вигляді добрив.

Ця схема включає такі етапи оброблення води: адсорбційне доочищення біологічно очищених стічних вод, яке забезпечує зниження ХПК до 8–16 г О₂ г/м³; вилучення з очищеної води пилу активованого вугілля та інших завислих речовин відстоюванням та фільтруванням; Н-катіонування очищеної води для вилучення з неї катіонів жорсткості; зменшення вмісту іонів лужних металів та амонію; віддушка оксиду вуглецю (IV) з Н-катіонованої води в дегазаційних колонах; ОН-аніонування води для вилучення аніонів сульфатів, фосфатів, зниження вмісту хлоридів та нейтралізації кислотності Н-катіонованої води. Використання глибоко очищених та частково знесолених стічних вод за цією схемою дає можливість усунути скид води з продувкою зворотних систем і перетворити тим самим систему оборотного водопостачання на замкнену, а також отримати технічну воду, придатну для будь-яких промислових потреб. Вживання іонного обміну для цих цілей вимагає, проте, зміни технології регенерації іонообмінних смол, оскільки на звичайних іонообмінних установках кількість солей, а також кислот і лугів, що скидаються з промивними водами у декілька разів перевищує кількість солей, що витягують при її знесолюванні. Отже, іонообмінна технологія демінералізації води може стати безвідходною тільки за умови економічно доцільної утилізації всіх відпрацьованих розчинів і забруднених промивних вод.

5. Поверхневий стік утворюється від атмосферних осадів над площею території ПП. До складу забруднень поверхневого стоку ПП входять речовини, що визначаються технологічними процесами, відповідними викидами в атмосферу. Поверхневий стік становить особливий різновид стічних вод із притаманними тільки йому особливостями формування і режиму надходження у водні об'єкти.

По-перше, він є періодичним і в окремих регіонах країни більшу частину року відсутній. Обсяг і рівень його забруднення змінюються в широких межах і залежать від кліматичних умов (інтенсивність і тривалість дощу, частота його випадіння, кількість опадів, тривалість періоду сухої погоди), а також від санітарного стану басейного водозбору (рівня благоустрою, типу поверхневого покрову, ступеня забрудненості території та атмосфери тощо). Не менш важливим, є і той факт, що більша частина поверхневого стоку з території міст і промислових підприємств надходить у водні об'єкти в періоди підвищеної водності. Отже, поверхневий стік становить надзвичайно нестабільну полідисперсну систему зі значними коливаннями складу й концентрації забруднень. Йому властиві раптовість і періодичність виникнення, велика нерівномірність наростання і спаду витрат.

Поверхневий стік із майданчиків промислових підприємств становить складну суміш сполук і речовин, оскільки на їх якісний склад істотно впливає культура виробництва на підприємстві, особливості технологічних процесів, організація складського господарства. Здебільшого саме ці чинники визначають склад і концентрацію домішок стоку.

Систематичні багаторічні спостереження за якістю поверхневого стоку на промислових майданчиках багатьох підприємств великих міст країни дає змогу зробити висновок про те, що концентрація забруднень у стоці, що стікає з територій промислових підприємств, набагато вища, ніж у міських стічних водах. Концентрації забруднень, що містяться в поверхневому стоці з територій ПП за величиною порівняні до вмісту забруднень у виробничих стічних водах. Збільшення концентрації забруднень на водозбірних майданчиках і майданчиках відкритого складування матеріалів може бути результатом інтенсивного вантажного руху (зокрема залізничного транспорту).

Особливо високі концентрації забруднювальних речовин у поверхневому стоці властиві металургійним заводам, гірничо-збагачувальним комбінатам, підприємствам будівельної індустрії, автотранспортним, хімічним, машинобудівним і нафтопереробним підприємствам. Дощові води, що містять переважно мінеральні забруднення, менш небезпечні в санітарному плані, ніж побутові й забруднені виробничі стічні води, через що їх скидають у водойми без очищення. В атмосферні води, що стікають із забруднених територій ПП, іноді надходять домішки, специфічні для певного виробництва, наприклад, хімічних і нафтопереробних заводів, шкіряних підприємств, м'ясокомбінатів тощо. Такі води потрібно піддавати очищенню.

Особливо небезпечне надходження у водойми поталих і дощових вод, які містять різні токсичні речовини (метали, нафтопродукти та інші важко окислювальні органічні речовини). Формування поверхневого стоку відбувається під дією природних і антропогенних факторів. Визначальні фактори – кліматичні умови (атмосферні опади, випаровування під впливом сонячного випромінювання, інфільтрація, рослинний покрив території тощо) і організація водозбірних робіт, технологія миття штучних покриттів, транспортних засобів тощо.

Особливо забруднений поверхневий стік формується під час танення снігу й проведення поливально-мийних робіт. Вміст завислих речовин у такому поверхневому стоці досягає 4–5 кг/м³, вміст нафтопродуктів – до 40 г/м³ і більше, ХПК – до 1500 г О₂/м³, БПК_{повн} – 300 г О₂/м³ і більше.

Склад поверхневого стоку з територій промислових підприємств визначається продукцією, що випускається, технічним рівнем технології виробництва, ефективністю роботи системи пилового та газозловлювання, очищення стічних вод, організацією складування, транспортування та перероблювання сировини й відходів виробництва, санітарним станом території промислового майданчика.

Залежно від складу поверхневого стоку промислові підприємства поділяють на дві групи. До першої групи належать підприємства, поверхневий стік із території яких не містить токсичних речовин і за своїм складом близький до зливого стоку з районів житлової забудови (підприємства енергетики, чорної металургії, машинобудування, легкої, харчової та електротехнічної галузей промисловості, приладобудівні й нафтопереробні заводи). Решта підприємств належать до другої групи і характеризуються наявністю в поверхневому стоці великої кількості органічних домішок і специфічних речовин (важкі метали, роданіди, аміак, феноли тощо).

Орієнтовний склад поверхневого стоку характеризується такими значеннями:

Підприємства 1-ї групи	Підприємства 2-ї групи
Завислі речовини, мг/дм ³ 500-2000	2000-4000
Мінеральні речовини, мг/дм ³ 200-500	—
Нафтопродукти, мг/дм ³ 10-30	18-25
ХПК, мг O ² /дм ³ 200 – 600	—
БПК ₅ , мг O ² /дм ³ 40-60	80-180

Очищення і використання поверхневого стоку в замкнених системах водопостачання можуть здійснюватися на самостійних очисних спорудах, а також на спорудах, що забезпечуватимуть їх сумісне очищення з господарсько-побутовими або виробничими стічними водами.

Склад очисних споруд визначають залежно від якісної характеристики і необхідного ступеня очищення поверхневого стоку, його розрахункової витрати або кількості, що прямує на очищення з урахуванням можливості очищення або доочищення спільно з виробничими, побутово-виробничими стоками.

Для очищення поверхневого стоку з території промислових підприємств, що не містить специфічних забруднень із токсичними властивостями, можна використовувати самостійні споруди, а також відводити його на міські чи заводські споруди, очищуючи разом із побутовими або виробничими стічними водами.

Найефективнішим розв'язанням проблеми запобігання забрудненню водоймищ поверхневим стоком є повторне його використання в системах технічного водопостачання промислових підприємств. Таке рішення часто буває економічно вигіднішим, оскільки скорочується споживання природної води, а також потрібне менш глибоке його очищення порівняно з варіантом скидання у водоймище. Проте у зв'язку з імовірнісним характером утворення поверхневого стоку потрібна акумулювальна місткість. Отже, повторне використання поверхневого стоку в системі технічного водопостачання, маючи екологічні й у ряді випадків економічні переваги, вимагає зазвичай значних виробничих площ.

Ступінь очищення поверхневого стоку при використанні його в системах технічного водопостачання ПП визначається вимогами до якості технічної води. Як показують розрахунки поверхневого стоку, що

формується на території ПП, буде недостатньо для забезпечення технологічних потреб. Цей стік можна використовувати в суміші з річковою водою або очищеними стічними водами. На підприємствах металургійної, нафтопереробної, нафтохімічної, хімічної та деяких інших галузей промисловості, розташованих у кліматичних зонах із середньою річною кількістю опадів 400–600 мм, утворений на промайданчиках поверхневий стік сягає до 30 % річного споживання води підприємством. Враховуючи, що вимоги ставляють до загальної витрати використовуваної води на технологічні потреби, ступінь очищення поверхневого стоку визначають відповідно до кількості і якості окремих джерел водопостачання.

Підготовка поверхневого стоку для використання в системах технічного водопостачання повинна забезпечувати не тільки певні вимоги до технологічних властивостей води, але й повну санітарну безпеку для працівників. Санітарно-гігієнічні вимоги полягають у гарантуванні безпечних епідеміологічних і токсикологічних умов для персоналу. Оскільки в деяких випадках поверхневий стік забруднений бактеріями, під час його використання в системах технічного водопостачання необхідно передбачити можливість знезараження.

Вимоги до ступнів очищення поверхневого стоку у разі використання його на технологічні потреби підприємства:

за нафтопродуктами – 10-20 мг/л,

завислими речовинами – 20-50 мг/л;

при скиданні у водоймище нафтопродуктів – 0,3-0,05 мг/л; завислих речовин до 5 мг/л.

На сьогодні на багатьох закордонних заводах поверхневий стік використовують у зворотних системах водяного охолодження і для пожежегасіння, до того ж очищення і підготовка його до використання в цих системах водопостачання обмежується зазвичай відстоюванням у ставках.

Показовим прикладом використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання може слугувати нафтопереробний завод (далі – НПЗ). Основна продукція – бензин, дизельне паливо, мазут і бітум.

Для максимального затримання атмосферних опадів по периметру території заводу, площею 200 га, на глибину до водонепроникних пластів, побудовано залізобетонну стіну завтовшки 50 см. Протяжність цієї стіни в ґрунті 5 км. Затримані атмосферні води, річний об'єм яких більше за 1 млн м³, дренажними насосами перекачують в акумулювальний резервуар і надалі застосовують у системах промислового водопостачання. Під час використання цих вод в охолоджувальних системах оборотного водопостачання ніякого додаткового оброблення, окрім періодичного хлорування, не застосовують. Якість води в акумулювальному резервуарі така, що для приготування знесоленої води, необхідної для технологічних потреб заводу, її подають на іонообмінні фільтри без попереднього очищення. Багаторічний досвід експлуатації заводу довів, що прийнята схема дає змогу задовольнити всі потреби технологічних процесів у воді за

допомогою атмосферних опадів. Нині на переважній більшості НПЗ поверхневий стік із територій технологічних установок, резервуарних парків і естакад відводиться спільно з виробничими стічними водами. Після фізико-механічного очищення, а в деяких випадках і біологічного, ці стічні води зазвичай використовують для підживлення оборотних систем. Відведення ж поверхневого стоку з решти території заводу здебільшого здійснюється відкритими лотками та кюветами.

Розрахунки показують, що при середній кількості атмосферних опадів 600 мм на рік загальний об'єм поверхневого стоку для НПЗ середньої потужності коливається в межах 0,9–2,7 млн м³ на рік, що складає від 10 % до 30 % річної витрати свіжої води, споживаної на технічні потреби заводу.

Проведені дослідження показують, що за сольовим складом поверхневий стік відповідає вимогам, що ставлять до додаткової води та може бути використаний після відстоювання для підживлення оборотних систем. Очищення поверхневого стоку рекомендується здійснювати в пісковловлювачах і в 4-х секційному ставку-акумуляторі. За величиною карбонатної жорсткості поверхневий стік НПЗ можна порівняти зі зм'якшеною вапняно-содовим розчином річковою водою. У зв'язку з цим використання поверхневого стоку в оборотних системах дасть змогу зменшити утворення накипу в холодильно-конденсаційній апаратурі, але водночас він може збільшити корозію, що примусить застосувати ефективний захист. Для цієї мети на НПЗ успішно застосовується інгібітор корозії ІКБ-4 дозою 25–50 мг/л. Промислові випробування інгібітора показали, що залежно від агресивності води й умов експлуатації швидкість корозії стала знижуватися на 60–95 %.

Рекомендації зі знешкодження поверхневого стоку з території металургійних заводів з метою використання їх у системах зворотного водопостачання

Частка поверхневого стоку в загальному балансі водоспоживання залежить від багатьох умов і коливається в широкому діапазоні. На Донбасі загальний об'єм його за рік становить 10–12 % від загального споживання свіжої води для технічних цілей. Для забезпечення вимог до води, що охолоджує устаткування, за завислими речовинами одного гравітаційного відстоювання поверхневого стоку металургійних заводів буває зазвичай недостатньо. Найдоцільніше в таких випадках піддавати освітлений стік фільтруванню. Розроблена схема збору й відведення поверхневих вод, згідно з якою по периметру території заводу влаштовують кювети, що забезпечують відведення збираної води, щоб виключити попадання її у водоймище. При прокладенні по контуру заводу автомобільної дороги рівень полотна повинен бути вищим за рівень навколишньої місцевості на 0,5 м. У цьому разі дороги слугують обвалуванням заводської території. На території технологічних установок, де можливі розливи нафтопродуктів, повинні бути дощоприймачі, що підключені до систем промислово-зливної або зливної каналізації. Поверхневі стоки НПЗ несуть пісок, завислі речовини різної природи, зокрема пливучі й емульговані нафтопродукти. Унаслідок періодичності

випадіння опадів і значного коливання їх інтенсивності, забрудненість поверхневих вод змінюється в широких межах, тому зливові ставки, окрім функцій акумулятора стічних вод виконують функції очисних споруд. При високому вмісті завислих речовин у поверхневому стоці перед ставками рекомендують влаштовувати пісковловлювачі для очищення стоку від основної маси грубодисперсних забруднень. Включення в схему пісковловлювачів не є рішенням однозначним і вимагає додаткової перевірки в умовах експлуатації. Включення пісковловлювачів до схеми очищення виправдано тільки в тому разі, якщо забезпечується їх надійна експлуатація, тобто своєчасне звільнення пісковловлювачів від уловленого осаду. У разі застосування пісковловлювачів у період найбільш інтенсивних дощів необхідно передбачати відведення частини стоку в ставок, обминувши пісковловлювач.

Ставок-накопичувач повинен складатися з двох секцій: першої для первинного відстоювання від основної кількості завислих частинок і нафтопродуктів і другої, такої, що виконує функцію акумулятора. Об'єм секцій первинного відстоювання приймають 20 % від загального об'єму ставка.

Зменшений об'єм секцій первинного відстоювання викликаний необхідністю скорочення поверхні, де можуть накопичуватися нафтопродукти й нафта. Унаслідок тривалого перебування в ставку вода практично повністю освітлюється. За відсутності забруднень (БПКповн = 20–25 мг/л) стік направляють на підживлення оборотних систем; при БПКповн > 25 мг/л – на споруду біохімічного очищення стоків першої системи каналізації. Секції первинного відстоювання по всьому периметру обладнують нафтозбірними поворотними трубами. Уловлені нафтопродукти збирають періодично з накопиченням нафтової плавки, що зганяється вітром, біля однієї з нафтозбірних труб. Уловлений нафтопродукт збирають у приймальному резервуарі, потім направляють на утилізацію. Секції ставка очищають від осаду періодично, залежно від кількості продуктів, що накопичилися, в середньому один раз на 5–7 років. Перед очищенням секцію звільняють від води, осад підсушують, а потім вивозять машинами на спеціально відведені майданчики. Корисний об'єм ставка-накопичувача розраховують з огляду на з об'єм талих і зливових вод, об'єм осаду, що накопичується в період між очищеннями, мертвий об'єм і залишок води попереднього року.

Питання для самоконтролю

1. Чим обумовлюється доцільність використання очищених стічних вод як джерела технічного водопостачання?
2. Умови використання для технічного водопостачання очищених міських промислових стічних вод і поверхневого стоку.
3. Які методи доочищення міських стічних вод застосовують із метою їх використання в системах технічного водопостачання?
4. Які вимоги ставляться до біологічно очищених стічних вод, що використовують для підживлення зворотних систем?

5. Застосування активованого вугілля для глибокого очищення стічних вод від органічних домішок.
6. Як впливає застосування коагулянтів перед адсорбційним доочищенням біологічно очищених стічних вод?

Література

1. Айрапетян Т. С. Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 150 с.
URL : <https://core.ac.uk/download/pdf/132273063.pdf>
2. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. з дисциплін "Водопостачання пром. підприємств", "Системи водовідведення пром. підприємств" для студентів ЗДІА спец. 192 "Буд-во та цив. інженерія" /Д. В. Прутцьков, В. І. Сокольник, О. Г. Добровольська [та ін.] / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 194 с. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/2018/f359207.pdf>.
3. Епоян С. М. Зворотні та безстічні системи водокористування промислових підприємств : конспект лекцій. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022.– 113 с. URL:<https://tinyurl.com/456arjw5>