

Лекція. Фторування та дефторування води

1. Гігієнічне обґрунтування вмісту фтору в питній воді.
2. Фторвміщуючі реагенти.
3. Технологія фторування води.
4. Заходи по техніці безпеки при роботі з фторвміщуючими реагентами.
5. Розрахунок установок для фторування і дефторування води.

Технологія фторування води. Найбільш широко застосовують для фторування кремнійфторид натрію (Na_2SiF_6), фторид натрію (NaF), кремнійфторид амонію $[(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6]$, кремнійфтористоводородну кислоту (H_2SiF_6), кремнійфторид магнію (MgSiF_6), флюорит (CaF_2) – плавиковий шпат, фтористоводородну кислоту (HF – 40% розчин) – плавікова кислота.

Долю фторвміщуючого реагенту визначають наступним чином:

$$D_{\phi} = [m a - (F^-)] \cdot \frac{100}{K} \cdot \frac{100}{C_{\phi}}, \text{ г/м}^3$$

де m – коефіцієнт, який залежить від місця вводу реагенту в воду (після очисних споруд – 1,0, а перед очисними спорудами – 1,1);

a – потрібний вміст фтору в оброблюваній воді в залежності від кліматичних та сезонних умов (0,7 мг/дм³ – влітку; 1,2 мг/дм³ – взимку);

K - вміст фтору в чистому реагенті: Na_2SiF_6 – 60%; NaF – 45%; $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ – 64%;

C - вміст реагенту в технічному продукті, %.

Технологічні схеми, експлуатація установок фторування води.

Для фторування води застосовують установки, які називаються *фтораторними*. Типи фтораторних установок:

1. сатураторного типу;
2. з розчинними баками;
3. з розчинно-затворними баками;

4. з застосуванням кремнійфтористоводородної кислоти.

Вибір схеми фторування води визначається потужністю водопровідної станції, властивостями фторвміщуючого реагенту, економічними міркуваннями.

Сатураторного типу фтораторні установки застосовують при використанні малорозчинних реагентів (рис.47). Вода подається через бачок постійного рівня 1, ротаметр 6 в сатуратор 11, витискує насичений розчин кремнійфторида натрію із сатуратора і через ротаметр поступає на дозування в трубопровід води після фільтрів. Реагент фтору із тари 7 пневмотранспортом (вакуумом) зтягується в вакуум-бункер 2. В сатуратор передбачена подача стисненого повітря на барботаж від компресора 8. Перед вакуумним водокільцевим насосом 4 стоїть фільтр 3, котрий затримує пилеподібний кремнійфторид натрію.

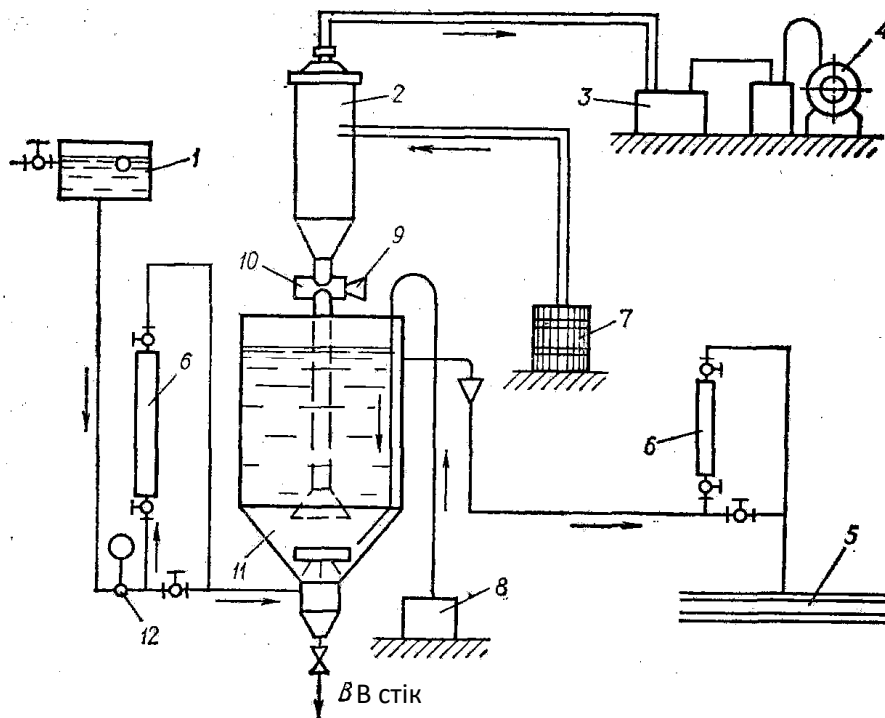


Рисунок 1 – Схема фторування води кремнійфторидом натрію

- 1 – бачок постійного рівня; 2 – вакуум-бункер; 3 – фільтр;
- 4 – вакуум-насос; 5 – ввід розчину фтор-реагенту; 6 – ротаметр;
- 7 – тара з реагентом; 8 – компресор; 9 – штурвал для регулювання завантаження реагенту; 10 – секторний живильник; 11 – сатуратор;

12 – регулююча запірна арматура.

Потужність сатуратору (по насиченому розчину реагенту) визначається по формулі:

$$q = D_{\phi} Q / (n p) , \text{ л/годину,}$$

де Q – витрата оброблюваної води, м³/год;

n - кількість сатураторів, шт.;

p - розчинність кремнійфториду натрію (при $t=0^{\circ}\text{C}$ – 4,3г/л;
при $t=20^{\circ}\text{C}$ – 7,3г/л; при $t=40^{\circ}\text{C}$ – 10,3г/л).

При визначенні об'єму сатураторів термін перебування розчинів в них приймається не менше 5 годин, швидкість висхідного потоку в сатураторі – не більше 0,1 мм/с.

Будівництво сатураторних фтораторів доцільно для станцій потужністю до 50 тис.м³/добу води.

На великих станціях застосовують схеми з приготуванням фторреагенту в розчинних баках, оскільки в сатураторі неможливо приготувати велику кількість розчину реагенту (рис. 48).

Фтораторні установки з розчинними баками найбільш універсальні і можуть працювати на будь-якому фторвміщуючому реагенті з механічною або повітряною системою перемішування.

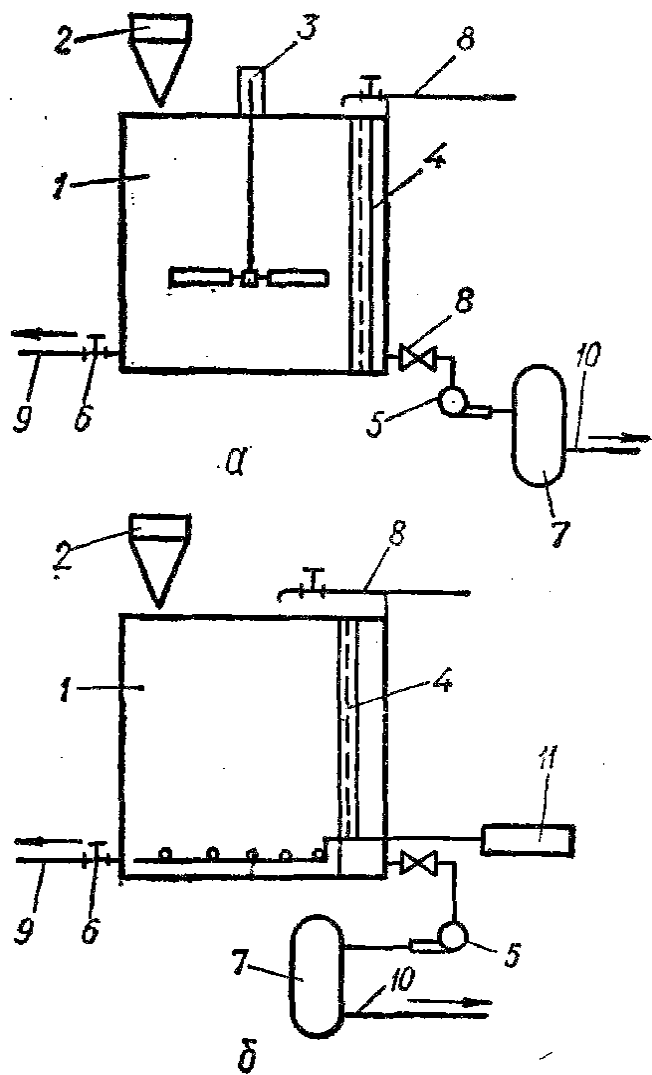


Рисунок 2 – Установка з розчинним баком

- 1 – розчинний бак; 2 – бункер з дозуючим пристроєм;
- 3 – механічна мішалка;
- 4 – поплавковий пристрій;
- 5 – насос; 6 – запірна арматура;
- 7 – напірний фільтр;
- 8 – водопровід $d=50\text{мм}$;
- 9 – скид в каналізацію фторвміщуючої води;
- 10 – фторопровід;
- 11 – повітродувка.

Перемішування – 2 год. Після перемішування розчин відстоюється 2 години і потім насосом 5 подається в напірний фільтр 7, а потім до місця вводу 10.

Концентрацію розчину реагенту при приготуванні ненасичених розчинів в витратних баках приймають:

- для кремнійфториду натрію – 0,25% при $t=0^{\circ}\text{C}$; 0,5 - при $t=25^{\circ}\text{C}$;
- для фториду натрію – 0,25% при $t=0^{\circ}\text{C}$;
- для кремнійфториду амонію – 7% при $t=0^{\circ}\text{C}$.

Інтенсивність подачі повітря для перемішування розчину приймають – 8-10л/с·м².

При використанні кремнійфторидів натрію або амонію належить передбачити заходи проти корозії баків, трубопроводів, дозаторів.

Розчинно-затворні флотатори – в склад їх входять затворні і розчинні баки з мішалками або барботажем і дозуючим бачком.

Фторатор з застосуванням кремнійфтористоводородної кислоти зображений на рис.49.

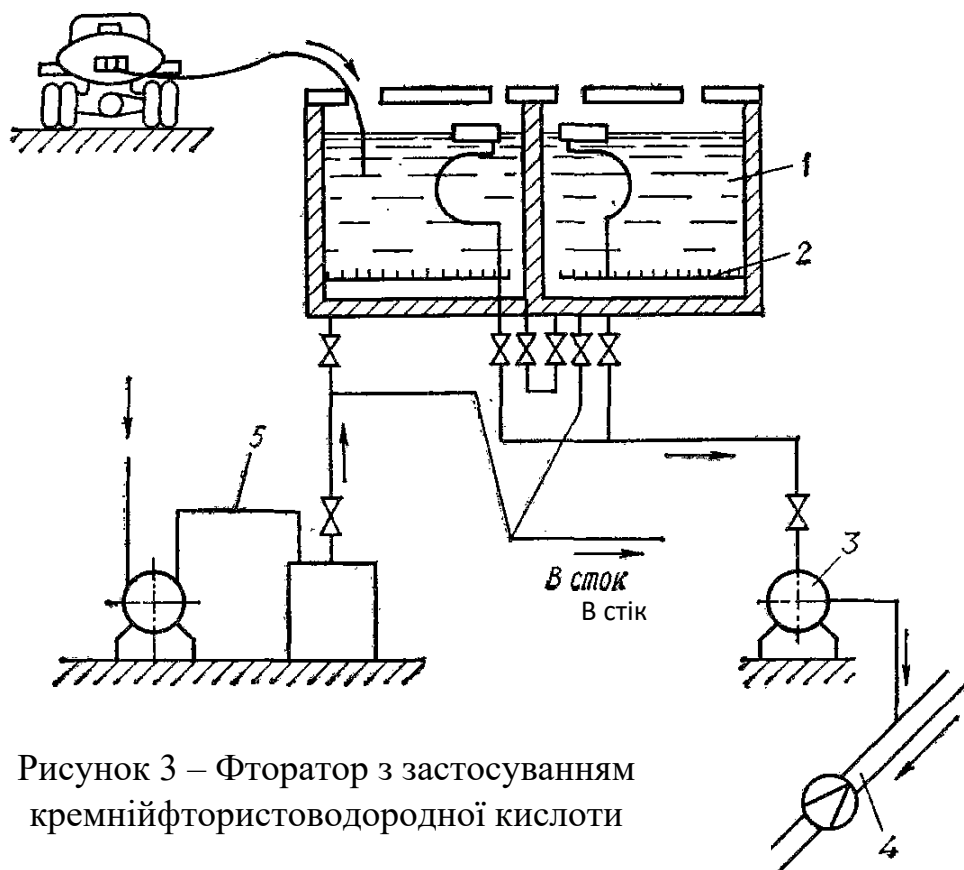


Рисунок 3 – Фторатор з застосуванням кремнійфтористоводородної кислоти

1 – баки-сховища; 2 – барботааж стиснутим повітрям;

3 – насос-дозатор; 4 – місце вводу реагенту;

Концентрація H_2SiF_6 доводиться до 10%-ої концентрації (механічне перемішування, барботаж). Насос-дозатор, стійкий до кислоти, дозує пропорційно витратам оброблюваної води. Реагент транспортується до місця вводу по поліетиленовим, фторпластовим, вінілпластовим трубам.

Переваги:

1. Не треба розчиняти тверду фазу.
2. Відпадає необхідність боротьби з токсичним пилом.

Недоліки:

Висока вартість транспортування (гуміровані цистерни).

За процесом фторування води потрібен постійний суворий контроль. Контролюється якість реагентів (% основної речовини CO_2 , волога, % нерозчинених домішок). Ретельний контроль за точністю дозування, в т.ч. контроль F в обробленій воді (по ФЕКу 2 рази на зміну (реакція з алізарин цирконієвим лаком)). Установка фторування мусить бути облаштована водомірами, дозаторами.

Контролюються і записуються кожен годину витрати реагентів, води і т.ін. Регіструються початок і кінець витрат розчину із баку. Одночасно визначається концентрація розчинів. Вода аналізується 2-4 рази на добу з обов'язковою зміною місця відбору проб (хоч би одної, по зрівнянню з попереднім відбором).

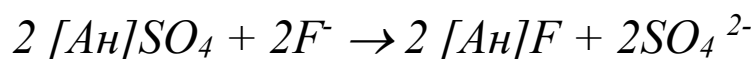
При фторуванні води необхідно суворо витримувати заходи по охороні праці і техніці безпеки. ГДК в повітрі – $1\text{мг}/\text{м}^3$, 10-12 кратний обмін повітря, місцеві відсоси в місцях утворення пилу. Фтораторна і склад фторвміщуючих реагентів мусять бути ізольованими від інших службових приміщень. Надійно герметизувати двері. Транспорт реагенту механізують, температура не нижче $+10^\circ\text{C}$ при ручному дозуванні, $+5^\circ\text{C}$ – при автоматичному.

Крім загальних заходів по охороні праці – індивідуальний захист: респіратори, захисна одежа, гумові рукавички, захисні окуляри, чоботи, шлеми для захисту голови від пилу. Після роботи обслуговуючий персонал в обов'язковому порядку мусить прийняти душ.

Методи дефторування води. При вмісті в воді більше 1,5мг/л фтори-іона потрібно дефторувати воду, хоч це і складна задача. Звичайні методи осадження фтори-іонів в вигляді осадів малорозчинних фторидів не можуть бути застосовані із-за того, що розчинність найменш розчинених фторидів в багато разів перевищує граничну концентрацію фтори-іонів в питній воді. В теперішній час дефторування здійснюється методами іонного обміну на селективних по відношенню до фтору іонітах – активованому оксиді алюмінію, гідроксилапатиті; а також магnezіальних реагентах і активованому вугіллі; а також сорбційними методами, основаними на сорбції фторид-іонів свіжеприготовленими осадами $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$ і фосфату кальцію.

Для підземних вод, не освітлюємих перед подачею в мережу, найбільш перспективними і економічними можуть бути іонообмінні методи дефторування води; для поверхневих вод, освітлюємих перед подачею в мережу– сорбційні методи, наприклад, метод дефторування сорбцією фтору осадами основного хлориду алюмінію або гідроксиду алюмінію.

Найбільш ефективно фториди із підземних вод видаляються зернистим активованим оксидом алюмінію (сорбентом). Від діє як аніоніт, обмінюючий іони SO_4^{2-} на іони F^- по реакції:



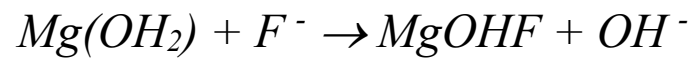
В іонному обміні беруть учать гідрокарбонат-іони і незначно – іони хлору.

Активований оксид алюмінію володіє селективними властивостями по відношенню до фтор-іону. Регенерують активований оксид алюмінію сульфатом алюмінію.

Витрати сульфату алюмінію на 1 г видаляємого із води фторид-іону – 40-50г. Регенерацію сорбенту проводять 1-1,5%-м розчином $Al_2(SO_4)_3$. Швидкість регенерації – 2,5-2,0 м/годину. Одмивають сорбент після регенерації водою знизу вверх з інтенсивністю 4-5л/с·м², приймаючи витрати води 10м³/м³ сорбенту.

Дефторують воду також фосфатними з'єднаннями: гідроксилапатитом, трикальційфосфатом, гранульованим суперфосфатом і ін.

Фториди із води можна видаляти сорбцією свіжевисадженим $Mg(OH)_2$



Дефторуєму воду рекомендується пропускати через освітлювач з шаром зваженої контактної маси із $Mg(OH)_2$ (рис.50).

