

ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ВІД ІОНІВ ЗАЛІЗА ПРИРОДНИМИ АДСОРБЕНТАМИ

Н. А. Ткачук, Л. М. Мельник, В. В. Манк, С. І. Усятюк, З. П. Мельник, О. С. Марцевок –
Національний університет харчових технологій, м. Київ

В роботі приведені результати досліджень процесів поглинання іонів заліза природними дисперсними мінералами: палигорськітом і морденітом. Предложені оптимальні технологічні параметри очистки питтьєвой води от іонів заліза і научно обоснован механизм іонообмена, показано отсутствие появления новых соединений после взаимодействия воды и адсорбентов.

In this article the authors provide the research results of processes for adsorbing ions of Fe with the help of natural dispersive minerals: paligorskite and mordenite. They also suggested the optimal technological parameters for purifying drinking water from ions of Fe and gave scientific groundings for ion exchange mechanism. The authors proved that no new connections appear after the interaction of water and adsorbents.

Проблема забезпечення якісною питною водою населення та підприємств різних галузей народного господарства України – важлива й актуальна для збереження здоров'я населення та розвитку всієї економіки третього тисячоліття. Водні ресурси визначають екологічну безпеку життєдіяльності, розвиток окремих регіонів, розміщення промислових об'єктів і населених пунктів, відіграють важливу роль у формуванні природно-технічних комплексів. Тому, в інтересах нинішніх і майбутніх поколінь, необхідно охороняти поверхневі і, особливо, підземні водні басейни, обґрунтовано й раціонально використовувати водні ресурси, бо "де кінчається вода, там кінчається життя" [1]. Академік В. І. Вернадський, всесвітньо відомий син України, майже вік тому сказав: "Вода – це кров землі".

Тому одна з головних екологічних проблем людства сьогодні – якість питної води, яка прямо пов'язана з чистотою продуктів харчування та здоров'ям населення. Ще в ХІХ ст. відомий французький учений Луї Пастер зазначив: "80 % своїх хвороб ми випиваємо".

Сьогодні внаслідок забруднення джерел води, незадовільного стану трубопроводів і каналізаційних мереж, їх частих поломок і аварій, недостатньої кількості матеріальних ресурсів на будівництво й ремонт очисних споруд, проблема очищення питної води стає одним із стратегічних завдань держави.

Загострення проблеми очищення води потребує пошуку та впровадження нових ефективних рішень. Доцільним способом підвищення якісних показників питної води є використання адсорбційно-захисної властивості природних дисперсних мінералів українських родовищ. Вітчизняні природні сорбенти мають низьку собівартість, високі адсорбційні властивості, легко піддаються регенерації, модифікації, утилізації.

З метою підтвердження висновку про ефективність адсорбції природними мінералами домішок

води, зокрема іонів заліза, було проведено дослідження поглинальної спроможності палигорськіту та морденіту щодо іонів заліза з тим, щоб отримані результати використати для розробки ефективної технології очищення питної води.

Для вирішення поставленої задачі були піддані температурній активації палигорськіт ($t=180^{\circ}\text{C}$, $\tau=3$ год) та морденіт ($t=400^{\circ}\text{C}$, $\tau=3$ год). Використовувалися фракції 1,0 + 2,0 мм для обох мінералів.

Дослідження проводили на лабораторній установці, схема якої наведена на рис. 1.

Принцип роботи установки такий: у ємність з водою, взятою зі свердловини № 149 смт Чемерівці Хмельницької області, засипали по черзі адсорбенти у ваговому співвідношенні "адсорбент : вода": 1:10, 1:20, 1:30, 1:40 і пере-

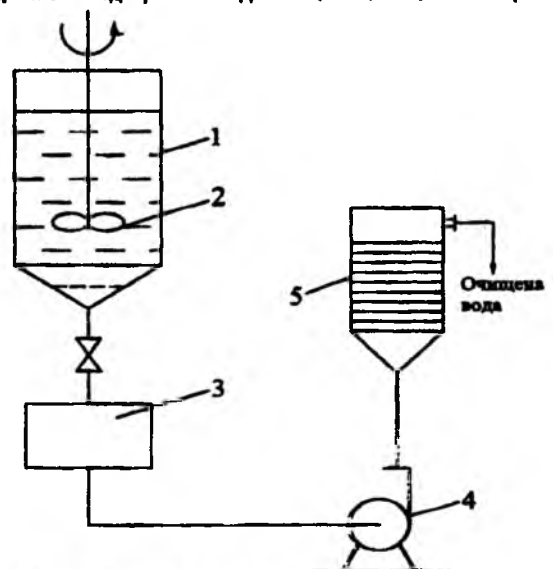


Рис. 1. Схема лабораторної установки для очищення питної води природними мінералами
1 – ємність для суміші води з адсорбентом; 2 – мішалка;
3 – збірник; 4 – насос; 5 – головний фільтр.

мішували мішалкою. Тривалість досліду 30, 60, 90, 120, 150, 180 хв. Проби фільтрували й визначали вміст іонів заліза за методикою [2] та органолептичні показники за методикою [3]. Процес проводили при 20°C і нормальному тиску. Отримані результати наведені на рис. 2 та 3.

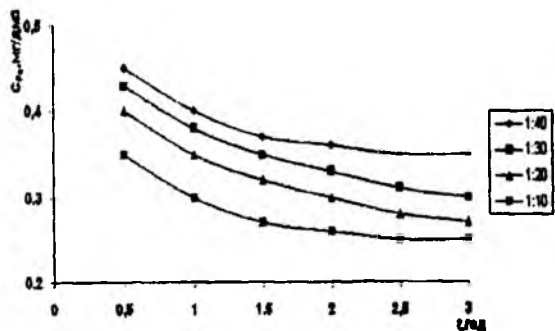


Рис. 2. Залежність вмісту іонів заліза в очищеній палигорськитом воді від тривалості процесу при різному співвідношенні адсорбент : вода

Початковий вміст іонів заліза у воді – 3 мг/дм³.

Аналізуючи рис. 2, бачимо, що іони заліза найкраще адсорбуються палигорськитом при його концентрації 1:10. За 2,5 год вміст домішки зменшується з 3 до 0,25 мг/дм³ (8 % від початкового значення). Вже за одну годину досягається встановлений ГОСТом 4011-72 ступінь чистоти (<0,3 мг/дм³). Крива, що характеризує очищення води палигорськитом у співвідношенні "адсорбент : вода" 1:20, показує, що через дві години адсорбційного очищення вода має вміст іонів заліза, передбачений вимогами держстандарту. Використовуючи співвідношення "адсорбент : вода" 1:30, можна досягти вмісту заліза <0,3 мг/дм³ за 3 години. При співвідношенні "адсорбент : вода" 1:40 не вдається досягти вмісту іонів заліза <0,3 мг/дм³. Дегустаційна оцінка очищеної палигорськитом питної води у співвідношенні адсорбент : вода 1:10, 1:20, 1:30 підвищувалась на 1 бал.

З рис. 3 видно, що морденіт ефективно адсорбує іони заліза при всіх співвідношеннях "адсорбент : вода", зменшуючи вміст домішки до нормативних показників через 30 хвилин. При цьому органолептичні показники очищеної морденітом води покращуються на 1 бал.

Загальний аналіз очищеної палигорськитом питної води за всіма ГОСТованими показниками показав відсутність сторонніх домішок, що робили б її непридатною до вживання.

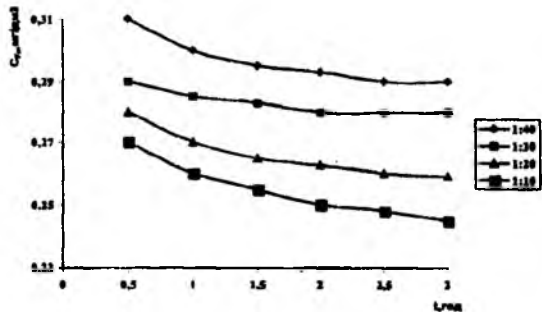


Рис. 3. Залежність вмісту іонів заліза в очищеній морденітом воді від тривалості процесу при різному співвідношенні адсорбент : вода

Подані на рис. 2 і 3 кінетичні криві поглинання іонів заліза мають відмінності, які в цілому відповідають властивостям досліджених мінералів. Палигорськит відноситься до глинистих мінералів, що мають пошарову будову. Їх кристалічна решітка складається з шарів кремнекисневих тетраедрів і алюмокисневих октаедрів, з'єднаних між собою й утворюючих елементарні пакети. Кристали глинистих мінералів складаються з десятків і сотень таких пакетів, утримуваних силами міжмолекулярного притягання, але мають досить малі розміри. При перемішуванні глинистих мінералів у воді водневі зв'язки між кристалами руйнуються, а високодисперсні кристали мають розміри колоїдних частинок і сорбують на своїй поверхні заряджені частинки. Глинисті мінерали мають невелику обмінну ємність. Згідно з такою моделлю швидкість сорбції є функцією швидкості розкладання глинистого мінералу на окремі кристалічні частинки.

Морденіт же відноситься до цеолітів – іонів із групи кристалічних алюмосилікатів. Вони складаються з тетраедрів, утворених з атома кремнію та чотирьох атомів кисню, з'єднаних один з одним спільними вершинами, ребрами або площинами в багатогранники, комбінації яких утворюють ажурні структури, що мають отвори й канали. Деяка частина іонів кремнію в тетрадрах ізоморфно замінена на іони алюмінію. Внаслідок цього, решітка цеолітів стає великим тримірним аніоном – за рахунок надлишкового заряду іонів кисню. Її заряд компенсується зарядами розміщених у пустотах і каналах рухомих обмінних катіонів. Об'єм пустот і каналів, що пронизують увесь кристал, може досягати 50 % загального об'єму. Це й зумовлює цінні властивості цеолітів як сорбентів, каталізаторів та іонітів.

Кристалічна структура морденіту пронизана системою двовимірних каналів у вигляді трубок різних перерізів, що взаємно перетинаються. Цими каналами транспортуються заряджені частинки та швидкість іонообміну залежить в основному від швидкості їх переміщення й довжини каналів, зв'язаної з розміром зерен іоніту.

Розходження справа лінії сорбції на рис. 3 показує, що селективність морденіту до іонів заліза деякою мірою залежить від величини ступеня обміну. При малих ступенях обміну (дві нижні лінії на рисунку) селективність морденіту до іонів заліза зростає, очевидно, внаслідок поступової перебудови структури кристалів решітки.

Колоїдно-хімічний аспект очищення води від іонів заліза палигорськитом можна пояснити тим фактом, що при механічному перемішуванні води з адсорбентом палигорськит поступово диспергується до тонких голчастих частинок діаметром 3–5 нм. При цьому дисперговані у воді частинки мінералу несуть на собі одночасно позитивні й негативні заряди. Наприклад, негативний заряд виникає внаслідок нестехіометричних ізоморфних заміщень у структурі, в основному Al³⁺ на Mg²⁺, і компенсується

ся обмінними катіонами, які знаходяться в дифузійному шарі. В той же час бокові грані та ребра палигорськітових частинок у результаті дисоціації сполук Al-O-H , Mg-O-H при $\text{pH} < 8,5+9,0$ переважно мають позитивний заряд. Кількість негативно заряджених частинок на поверхні палигорськіту перевищує число позитивних, тому даний адсорбент у воді несе негативний заряд. Наявність двох типів зарядів на поверхні частинок палигорськіту пояснює його високу адсорбційну спроможність по відношенню до іонів заліза. Позитивно заряджені іони заліза взаємодіють із негативно зарядженими частинками дисперсного мінералу, до них можуть приєднуватися частинки як самого адсорбенту, так і інших дисперсних домішок, утворюючи крупні агрегати, що осаджуються. Це явище описується теорією гетерокоагуляції, розробленої Б. В. Дерягіним [4].

У морденіті мають місце сильні, в основному, ковалентні зв'язки кисню з тетраедричними катіонами і слабкі, переважно іонні зв'язки обмінних катіонів з алюмокремнекисневим каркасом. Крім того, наявність у їх структурі відкритих порожнин і широких каналів, у яких розміщені обмінні катіони, сприяє легкості протікання іонообмінних реакцій навіть при кімнатній температурі. Адсорбцію іонів заліза морденітом можна пояснити не тільки структурною будовою цеоліту, а й наявністю проміжної стадії, згідно з якою некомпенсований негативний заряд цеолітової решітки заміщається рухомих протоном, при цьому не відбувається змін у структурі кристалічної решітки і зберігається її загальна електронейтральність.

Морденіту притаманна одна з найбільш відкритих структур, висока швидкість встановлення іонообмінної рівноваги та значень ефективних коефіцієнтів дифузії обмінних іонів [5].

ВИСНОВКИ

Досліджено й науково обґрунтовано спроможність палигорськіту та морденіту поглинати іони заліза з метою очищення води та покращення її фізико-хімічних та органолептичних показників.

Установлені оптимальні технологічні параметри застосування природних дисперсних мінералів для очищення питної води від іонів заліза. Ними є для палигорськіту: співвідношення адсорбент : вода 1:30, тривалість 3 год; для морденіту 1:40, тривалість 0,5+1 год. При цьому органолептичні показники очищеної природними адсорбентами води підвищуються на 1 бал.

Підтверджено, що глинисті мінерали мають меншу поглинальну здатність, ніж цеоліти. Колоїдні частинки глинистих мінералів важче відфільтровуються.

Беручи до уваги, що до 80 % питно-господарської води міст та селищ України формується за рахунок ресурсів поверхневих вод, які є слабо захищеними від техногенного забруднення, проведені дослідження дають можливість оцінити технологічний потенціал родовищ палигорськіту та морденіту щодо їх використання у технологіях очищення води при їх надходженні у водопровідно-каналізаційні мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бура А.И., Кудина Е.Ф. Вода – свойства, проблемы и методы очистки. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 520 с.
2. ГОСТ 4011-72.
3. ГОСТ 3351-74.
4. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – К.: Наук думка, 1981. – 206 с.
5. Челищев Н.Ф., Беренштейн В.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. – М.: Недра, 1987. – 176 с.