УДК 628.161.2

ПІДВИЩЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ ШЛЯХОМ ЇЇ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИМИ АДСОРБЕНТАМИ

ТКАЧУК Н. А.[1], асист., МЕЛЬНИК Л. М.[1], д.т.н., проф.,
КОПИЛЕНКО А. В.[1], к.т.н., доц., ТИМОНІН О. М.[2], к.т.н., доц.
[1] Національний університет харчових технологій
[2] Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Досліджено процес адсорбційного очищення питної води від радіонуклідів природними адсорбентами українських родовищ. Встановлено оптимальні параметри вилучення ізотопів Cs^{137} та Sr^{90} із питної води глауконітом, морденітом і комбінованими адсорбентами.

Вода – одна з найважливіших складових середовища проживання людини. Як писав Антуан де Сент-Екзюпері: «Не можна сказати, що ти необхідна для життя: ти саме життя... Ти найбільше багатство в світі...». Вода – основа існування життя на Землі. Моря та океани, в яких зосереджено основну масу поверхневих вод, є буферною системою, яка пом'якшує вплив екстремальних температур. Водяна пара відіграє роль фільтра сонячної радіації в атмосфері. Вода значною мірою визначає кліматичні умови в багатьох регіонах планети. Без її участі неможливе здійснення процесу фотосинтезу в зелених рослинах.

Вода забезпечує перебіг усіх життєвих процесів в організмі. У деяких галузях промисловості вона є сировиною, хімічним реагентом, енергоносієм, засобом здійснення багатьох технологічних процесів. Її застосовують у технології для транспортування сировини, продукції й видалення відходів. Багато води використовують для побутових цілей – приготування їжі, миття, водовідведення тощо. Особливо у великих кількостях використовують її в сільському господарстві для зрошування земель. Рухома вода (течії, припливи й відпливи) є теплоносієм та джерелом енергії (будівництво електростанцій), засобом водного транспорту і транспортування, наприклад, лісу.

Отже, у багатьох сферах людської діяльності тою чи іншою мірою використовують воду. Причому здебільшого потрібна не будь-яка, а чиста прісна вода із вмістом мінеральних солей до 1 г/л.

Узагальнені дані про запаси води в біосфері Землі свідчать, що ресурси прісної води досить великі й цілком можуть забезпечити потреби людства за умови її раціонального використання.

Якість води в кожному конкретному випадку залежить від вимог споживача. Відповідно до Водного кодексу України, якість води – це характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретного споживача. Вимоги до якості води сформульовано в державних галузевих стандартах і технічних умовах. Єдиного показника, який характеризував би якість води, не існує, тому її якість оцінюють на підставі системи показників [1, 2].

У 1997 р. Міністерство охорони здоров'я України з метою забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя питної води затвердило Державні санітарні правила і норми (ДСанПіН) «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного призначення», які наближаються до нормативів Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Надзвичайно важливими є показники радіаційної безпеки питної води.

Для досягнення нормативних показників радіонуклідів, зокрема Cs^{137} і Sr^{90}, використовують різні способи очищення води. На наш погляд, ефективним способом очищення є використання природних мінералів, таких як глауконіт і морденіт [3]. Їхні родовища розташовано в Україні, вони мають низьку собівартість.

Глауконіт – це мінерал такого хімічного складу: SiO_2 – 48,84; TiO_2 – 0,68; Al_2O_3 – 8,45; Fe_2O_3 – 18,88; MgO – 3,76; CaO – 2,03; Na_2O – 0,31; K_2O – 6,14; H_2O – 4,75; інші – 5,24. Його твердість – 2...3, питома вага – 2,2...2,8 г/см^3, обмінна ємність – 60 мг-екв/100 г. Великі поклади глауконіту розташовано в Західно-Волинському регіоні та Донбасі. Сьогодні розробляють Карачаївське родовище в Хмельницькій області. Вміст глауконіту в породі цих родовищ коливається в межах 40...65 %. За зовнішніми ознаками, структурними особливостями виділяють три типи глауконіту: чорні гладенькі зерна із глянцевою поверхнею правильної форми, з дрібними тріщинами на поверхні; зелені, матові зерна з помітними тріщинами на поверхні, нерівномірно забарвлені; коричнево-зелені з тріщинами, нерівномірно забарвлені.

Основною кристалічною структурною одиницею глауконіту є пакет, що складається з двох кременекисневих тетраедрів з октаедричним шаром між ними. Вершини всіх тетраедрів у кожному кременекисневому шарі повернуті до центру структурної одиниці і зв'язані з октаедричним шаром в елементарний пакет шляхом відповідного заміщення гідроксилів атомами кисню.

Деяка частина атомів кремнію у тетраедрах заміщена на алюміній, а утворений надлишок заряду збалансований обмінними іонами натрію, калію, що розташовані в міжшаровому просторі. Це надає змогу віднести глауконіт до диоктаедричної будови кристалічної гратки.

Морденіт є природним мінералом групи цеолітів, ідеалізований хімічний склад якого передає формула $Na(AlSi_5O_{12}) \cdot 3H_2O$. Залежно від геологічних умов залягання руд катіони натрію можуть бути частково замінені на катіони калію, кальцію або магнію. Співвідношення $SiO_2/Al_2O_3 = 8,3...10,7$.

Параметри елементарної комірки морденіту варіюють у вузьких межах: a = 1,8052...1,8168, b = 2,0527, c = 0,7501...0,7537 нм. Пориста структура адсорбенту визначається системою з'єднаних між собою великих і малих каналів.

Морденіт має адсорбційні вхідні вікна кристалічних решіток, утворені з 12 атомів кисню, що входять у суміжні тетраедри (розмір вікон 0,67...0,70 нм) або з 8 атомів кисню (розмір вікон 0,29...0,57 нм). Сумарний теоретичний об'єм великих і малих вікон дорівнює 0,16...0,2 см^3/г. Морденіт – термостійкий мінерал.

Для дослідження адсорбційної спроможності глауконіту і морденіту щодо радіонуклідів було взято воду із свердловини. Адсорбенти вносили у співвідношенні 1:30 попередньо термоактивованими: глауконіт – протягом 3 год. за температури 200 °С; морденіт – протягом 3 год. за температури 250 °С. Суміш води з кожним адсорбентом постійно перемішували протягом 60 хв., фільтрували, а в фільтраті визначали вміст Cs^{137} і Sr^{90} за методикою, викладеною в [4]. Співвідношення адсорбент–вода 1:30 і тривалість взаємодії попередніми дослідженнями [5, 6] визначено як оптимальні. Одержані результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники радіаційної безпеки питної води до та після очищення глауконітом і морденітом (співвідношення 1:30, τ = 60 хв.)

Адсорбент	Вміст ізотопів у воді, призначеній для пиття, Бк/дм^3				Нормативні показники, Бк/дм^3
	до очищення		після очищення		
	Cs^{137}	Sr^{90}	Cs^{137}	Sr^{90}	
Глауконіт	2,2	2,1	2,0	1,9	2,0
Морденіт	2,2	2,1	1,8	1,6	2,0

Результати досліджень свідчать, що глауконіт і морденіт можна успішно використовувати для дезактивації води. При цьому морденіт виявляє вищу адсорбційну здатність до радіоактивних елементів, адсорбуючи до 20 % цезію і близько 25 % стронцію. Різницю в адсорбційній здатності двох мінералів можна пояснити різною об'ємною ємністю – у глауконіту вона є меншою, ніж у морденіту.

Для дослідження адсорбційної здатності комбінованих сорбентів щодо Cs^{137} і Sr^{90} створено композиції глауконіту й морденіту в співвідношеннях 25:75, 50:50, 75:25. Результати досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Показники радіаційної безпеки питної води до й після очищення комбінованими сорбентами

Співвідношення глауконіт–морденіт	Вміст ізотопів у воді, призначеній для пиття, Бк/дм^3				Нормативні показники, Бк/дм^3
	до очищення		після очищення		
	Cs^{137}	Sr^{90}	Cs^{137}	Sr^{90}	
25:75	2,2	2,1	1,7	1,5	2,0
50:50	2,2	2,1	1,8	1,6	2,0
75:25	2,2	2,1	2,0	1,9	2,0

Аналіз свідчить, що найвищу поглинальну здатність виявляє комбінований сорбент, що містить глауконіт і морденіт у співвідношенні 25:75. До того ж при розділенні суміші адсорбентів і води ця композиція мала найнижчий гідравлічний опір. Інші комбіновані сорбенти теж ефективно поглинають радіоактивні елементи і можуть бути використані для підвищення безпеки питної води, проте під час фільтрування їхній осад створював достатньо великий гідравлічний опір, пори фільтрів закупорювалися, і потрібно було часто зупиняти процес. Тому до впровадження слід рекомендувати комбінований сорбент, що складається із глауконіту й морденіту у співвідношенні 25:75.

Механізм взаємодії адсорбенту та адсорбтиву є складним, поєднуючи іонообмінне поглинання радіоактивних елементів з їхньою адсорбційною взаємодією з поверхнею адсорбенту.

Висновки

Встановлено, що глауконіт і морденіт поглинають радіонукліди Cs^{137} і Sr^{90}. При цьому адсорбційні властивості морденіту є вищими.

Доведено високу ефективність комбінованих сорбентів для підвищення радіаційної безпеки питної води. Кращим визнане співвідношення глауконіт – морденіт 25:75. При цьому вміст Cs^{137} зменшується з 2,2 до 1,7 Бк/дм^3, Sr^{90} – із 2,1 до 1,5 Бк/дм^3. До того ж під час розділення суміші адсорбентів і води ця композиція мала найнижчий гідравлічний опір.

Відпрацьовані адсорбенти можуть бути використані як наповнювачі під час виготовлення будівельних матеріалів.

Література

1. Водний кодекс України / Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 4. – С.3-31
2. Гончарук В. В. Концепция выбора перечня показателей и их нормативных значений для определения гигиенических требований и контроля качества питьевой воды в Украине // Химия и технология воды. – 2007. – 29, № 4. – С.297-356.
3. Breck D. W. Molecular Sieves Zeolites // Advan. Chem. Ser. – Washington, 1971. – Vol. 101. – P.1-13.
4. ГОСТ 18913-73.
5. Очищення питної води від іонів заліза природними адсорбентами / Н. А. Ткачук, Л. М. Мельник, В. В. Манк й ін. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – № 5. – С.66-68.
6. Підвищення якості та безпеки питної води шляхом її очищення вітчизняними природними мінералами / Н. А. Ткачук, Л. М. Мельник, В. В. Манк, З. П. Мельник // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2008. – № 18. – С.3-7.