

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК [628.16.067.1:546.175]+547.233.4

О.С. Ієвлєва, В.В. Гончарук

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, Київ, Україна

РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ НІТРАТ-ІОНІВ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ БАРОМЕМБРАНИМИ МЕТОДАМИ

Background. The high level of nitrate contamination in natural water is one of the main problems in environmental studies. The two-stage flowsheet is offered for solving this problem. It has a lot of advantages but needs to consider the feasibility of its using in each individual case.

Objective. The calculation of material balance of the proposed scheme allows us to determine the all ions concentrations and flows (volume) of water at all stages of the process.

Methods. The filtration process of a nitrate solution or natural water with previously added reagent was carried out in the two direct flow laboratory cell: for nano- and ultrafiltration.

Results. Obtained formulas allow easily calculate all the volumes and concentrations and make conclusions about the expediency of the scheme in each case. The experimental verification of the proposed scheme for purification the natural water from an underground source, where the nitrate concentration was 105 mg/dm³, proved the its effectiveness for the selective removal of nitrate ions from natural water.

Conclusions. The obtained material balance allows us to estimate the feasibility of practical implementation of the two-stage process flowsheet for the nitrate removal from natural water using baromembrane methods and to control the purification process on each stage. The prospects of the scheme is in the solving the important environmental problem which concerns the purification of the natural water with high level of nitrate.

Keywords: nitrate ions; natural water; removal; nanofiltration; ultrafiltration; polyhexametylethylenediamine.

Вступ

Однією з найважливіших проблем, пов'язаних із охороною навколишнього середовища, є, безумовно, забруднення природної води нітрат-іонами. Воно становить небезпеку для здоров'я людини, оскільки може викликати різноманітні захворювання, наприклад водно-нітратну метгемоглобінемію. Крім того, в організмі людини нітрати можуть трансформуватися в канцерогенні сполуки [1, 2]. Тому не втрачають своєї актуальності питання, пов'язані з очищенням водних об'єктів від указаних токсикантів.

При створенні ефективних технологій видалення нітратів дуже важливим є науковий підхід, оснований на використанні інформації про склад природної води, що дасть змогу визначити оптимальні умови її очищення. Нітрати – стабільні іони з низькою здатністю до адсорбції, комплексоутворення і добре розчинні у воді; ці властивості ускладнюють їх видалення. Найчастіше для вилучення нітрат-іонів застосовуються такі методи, як іонний обмін, електродіаліз, адсорбція на різних матеріалах тощо [3]. Проте універсального методу не існує й досі. Дедалі більше дослідників підкреслюють перспективність застосування мембранних методів, а саме – нанофільтрації [4], для вирішення екологічної проблеми, яка стосується

очищення природної води з підвищеним вмістом нітратів. Цей метод є ефективним у тих випадках, коли немає необхідності в затримванні однозарядних іонів натрію, калію, хлоридів, проте слід видалити з розчину багатозарядні іони кальцію, магнію, сульфати, а також низькомолекулярні органічні сполуки [5].

Підвищення затримувannya саме нітратів можна досягти завдяки застосуванню реагентів, які зменшують їх трансмембранний перенос. У наших попередніх роботах [6, 7] досліджено вплив мономерних (гуанідин, уротропін, етоній) і полімерного (полігексаметиленгуанідин (ПГМГ)) амінів на вилучення нітрат-іонів із водних розчинів за допомогою методу нанофільтрації з використанням мембрани ОПМН-П (“Владипор”, Росія).

Виявлено, що низькомолекулярні аміни гуанідин та уротропін є неефективними реагентами для підвищення ступеня затримувannya нітратів [6], у той час як органічні речовини катіонного типу етоній та ПГМГ мають значний вплив на цей показник [7]. Так, ступінь затримувannya нітратів мембраною при вихідній їх концентрації 100 мг/дм³ за відсутності реагентів становить усього 45 %, а додавання в розчин ПГМГ або етонію сприяє істотному збільшенню ступеня затримувannya – до 83 і 76 % відповідно. Найбільший ефект досягається в області рН 5–8 при застосуванні ПГМГ.

Доповнивши реагентно посилену нанофільтрацію з використання ПГМГ стадією регенерації полімера ультрафільтраційним методом, для видалення нітрат-іонів із природних вод ми запропонували нову загальну технологічну схему, детально описану нами раніше [8, 9]. Визначено оптимальні умови проведення процесу ультрафільтрації, а також здійснено пошук ультрафільтраційної мембрани, яка забезпечує високу проникненість для нітрат-іонів і дає змогу залишити в системі більше 90 % реагенту. Таким чином, досягається не тільки селективне вилучення нітратів, а й багаторазове використання вибраного реагенту – ПГМГ.

Проте слід відзначити, що за всіх існуючих переваг застосування системи для вилучення нітратів із природних вод, а це насамперед можливість отримувати фізіологічно повноцінну воду, запропонована технологічна схема не є універсальною, а потребує розгляду доцільності її застосування в кожному окремому випадку.

Постановка задачі

Мета роботи полягає в розрахунку матеріального балансу двоступеневої технологічної схеми для вилучення нітрат-іонів із природних вод, що дасть можливість точно і легко визначити об'єми (поток) води і концентрації іонів на всіх стадіях процесу до проведення спеціальних досліджень і, таким чином, дасть змогу робити висновки про перспективність застосування схеми в кожному окремому випадку.

Методика експерименту

Для процесу очищення нітратвмісної води на стадії нанофільтрації застосовували нанофільтраційну мембрану ОПМН-П. Готували модельний розчин з необхідною концентрацією нітратів або ж піддавали очистці реальну природну воду. В одержану пробу вводили розчин ПГМГ. Фільтрування проводили у прямотечійному режимі з використанням комірки з робочою поверхнею мембрани 50,3 см² під тиском 1–1,1 МПа, який створювали подачею стисненого азоту. Відбирали по три порції пермеату і припиняли процес, отриманий концентрат для розділення нітрат-іонів і реагенту подавали на стадію ультрафільтрації, де використовували ультрафільтраційну мембрану УПМ-20 ("Владипор", Росія). Фільтрування проводили в прямотечійному режимі з використанням комірки з робочою поверхнею мембрани 28,3 см²

під тиском 0,2–0,4 МПа, який створювали подачею стисненого азоту. Отриманий після ультрафільтрації концентрат використовували як реагент при очищенні нанофільтрацією наступної порції води.

Після кожної стадії відбирали аліквоти проби для проведення аналітичних вимірювань. Для визначення вмісту нітратів застосовували стандартний метод із саліциловокислим натрієм [10], а для визначення вмісту ПГМГ – метод твердофазової фотометрії за реакцією з органічним реагентом бромпірогалоловим червоним [11].

Результати і їх обговорення

Загальна технологічна схема для вилучення нітрат-іонів із водних середовищ показана на рис. 1.

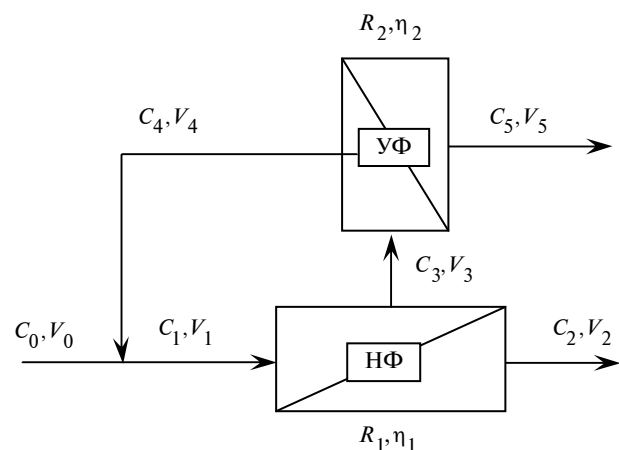


Рис. 1. Технологічна схема для вилучення нітрат-іонів із водних середовищ: C – концентрації нітрат-іонів, мг/дм³: C_0 – у вихідному розчині, C_1 – у розчині, що подається на нанофільтрацію, C_2 – у пермеаті після нанофільтрації, C_3 – у концентраті після нанофільтрації, C_4 – у концентраті після ультрафільтрації, C_5 – у пермеаті після ультрафільтрації; $V_0, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ – відповідні об'єми (поток) розчинів, дм³; R_1, R_2 – ступені затримування нітрат-іонів нанофільтраційною та ультрафільтраційною мембранами відповідно; η_1, η_2 – ступені концентрування розчину нанофільтраційною та ультрафільтраційною мембранами відповідно

Подана схема реалізується таким чином: у забруднену нітрат-іонами воду додається реагент, після чого розчин подається на стадію нанофільтрації, де видаляються нітрати, очищена вода відводиться. Отриманий концентрат

поступає на стадію ультрафільтрації, де відбувається розділення нітратів і реагенту, який використовується знову.

З поданої на рис. 1 схеми можна вивести такі рівняння матеріального балансу за об'ємами розчинів та концентраціями нітрат-іонів:

$$V_1 = V_4 + V_0, \quad (1)$$

$$V_1 = V_2 + V_3, \quad (2)$$

$$V_3 = V_4 + V_5, \quad (3)$$

$$C_1 V_1 = C_4 V_4 + C_0 V_0, \quad (4)$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 + C_3 V_3, \quad (5)$$

$$C_3 V_3 = C_4 V_4 + C_5 V_5, \quad (6)$$

$$R_1 = \frac{C_1 - C_2}{C_1}, \quad (7)$$

$$R_2 = \frac{C_3 - C_5}{C_3}, \quad (8)$$

$$\eta_1 = \frac{V_2}{V_1}, \quad (9)$$

$$\eta_2 = \frac{V_5}{V_3}. \quad (10)$$

У рівняннях (1)–(10) відомими величинами є: C_0 – визначається експериментально на вході в систему; V_0 – об'єм, що підлягає очищенню; R_1 і R_2 – експериментально визначені в попередніх дослідах величини; η_1 і η_2 – задаються як параметри системи.

Для визначення всіх об'ємів виразимо їх через одну змінну, наприклад через V_1 .

З рівняння (9) отримуємо:

$$V_2 = \eta_1 V_1; \quad (11)$$

з рівнянь (2) і (11):

$$V_3 = V_1 - V_2 = (1 - \eta_1) V_1; \quad (12)$$

з рівнянь (10) і (12):

$$V_5 = \eta_2 (1 - \eta_1) V_1; \quad (13)$$

з рівнянь (3), (12) і (13):

$$\begin{aligned} V_4 &= V_3 - V_5 = (1 - \eta_1) V_1 - \eta_2 (1 - \eta_1) V_1 = \\ &= (1 - \eta_2) (1 - \eta_1) V_1; \end{aligned} \quad (14)$$

з рівнянь (1) і (14):

$$V_1 = V_4 + V_0 = (1 - \eta_2) (1 - \eta_1) V_1 + V_0,$$

звідки виражаємо V_1 через відому величину V_0 :

$$V_1 = \frac{V_0}{1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2)}. \quad (15)$$

Отже, знайшовши V_1 , можна отримати значення V_2 , V_3 , V_4 , V_5 через рівняння (11)–(14). Тепер перейдемо до визначення концентрацій нітрат-іонів у всіх розчинах. Аналогічним чином визначимо всі концентрації як функції від змінної C_1 та вже відомі величини об'ємів розчинів.

З рівняння (7) отримуємо:

$$C_2 = C_1 (1 - R_1). \quad (16)$$

Перетворимо рівняння (6), використавши заміну з рівняння (8):

$$C_3 V_3 = C_4 V_4 + C_3 (1 - R_2) V_5,$$

звідки

$$C_4 V_4 = C_3 [V_3 - V_5 (1 - R_2)]. \quad (17)$$

Використовуючи рівняння (4) та (17), маємо:

$$C_1 V_1 = C_3 [V_3 - V_5 (1 - R_2)] + C_0 V_0.$$

Звідси

$$C_3 = \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{V_3 - V_5 \cdot (1 - R_2)}. \quad (18)$$

З рівняння (4) маємо:

$$C_4 = \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{V_4}. \quad (19)$$

Об'єднавши рівняння (8) та (18), одержимо:

$$C_5 = (1 - R_2) \cdot \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{V_3 - V_5 \cdot (1 - R_2)}. \quad (20)$$

Перетворюючи рівняння (4) та використовуючи рівняння (16) і (18), маємо:

$$C_1 V_1 = C_1 \cdot (1 - R_1) \cdot V_2 + \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{V_3 - V_5 \cdot (1 - R_2)} \cdot V_3.$$

Звідси після нескладних перетворень отримуємо:

$$C_1 \cdot \{V_1 - (1 - R_1) \cdot V_2\} = \frac{C_1 V_1 - C_0 V_0}{V_3 - V_5 \cdot (1 - R_2)} \cdot V_3,$$

$$C_1 \cdot \{V_1 - (1 - R_1) \cdot V_2\} \cdot \{V_3 - V_5 \cdot (1 - R_2)\} = \\ = (C_1 V_1 - C_0 V_0) \cdot V_3,$$

$$C_1 \cdot [V_1 V_3 - \{V_1 - V_2 \cdot (1 - R_1)\} \cdot \{V_3 - V_5 \cdot (1 - R_2)\}] = \\ = C_0 V_0 V_3,$$

$$C_1 = \frac{C_0 V_0 V_3}{V_2 V_3 \cdot (1 - R_1) + V_1 V_5 \cdot (1 - R_2) - \\ - V_2 V_5 \cdot (1 - R_1) \cdot (1 - R_2)}. \quad (21)$$

Таким чином, знайшовши всі об'єми, що використовувалися в розрахунках, ми можемо знайти C_1 , а потім і всі інші концентрації нітрат-іонів у запропонованій моделі. Тобто знаючи вихідні параметри очищуваної води, можна легко розрахувати всі об'єми та концентрації і зробити висновки про придатність системи для застосування у конкретних умовах.

Апробацію запропонованої схеми в лабораторних умовах проводили з використанням природної води з джерела, розташованого по вул. Сирецькій, 112, Київ, де концентрація нітратів становила 105 мг/дм^3 , об'єм, що піддавали очищенню, – $5,0 \text{ дм}^3$. На базі отриманих раніше даних [7, 9] покладаємо $R_1 = 0,87$ (на стадії нанофільтрації має місце збільшення ступеня затримування нітратів до $0,87$, що пояснюється в [9] наміванням динамічної мембрани), $R_2 = 0,1$; $\eta_1 = 0,8$ і $\eta_2 = 0,75$ (задаються).

Після розрахунків за формулами (11)–(16), (18)–(20) та (21) можна побудувати графіки розподілу концентрацій нітрат-іонів і об'ємів (потоків) води для запропонованої системи (рис. 2).

Отже, як бачимо з рисунка, в систему повертається лише близько 6 % води, що подається на очистку, а отримуємо 84 % води питної якості. Лише 10 % води з концентрацією нітрат-іонів, що перевищує вихідну трохи більше ніж у 5 разів, має бути подано на подальшу переробку, наприклад методами біологічної денітрифікації [12] або електродіалізу [1].

Аналогічним чином можна побудувати графіки розподілу концентрацій та об'ємів у будь-якій досліджуваній системі, що допоможе підібрати оптимальні умови обробки води і оцінити перебіг процесу на кожній його стадії.

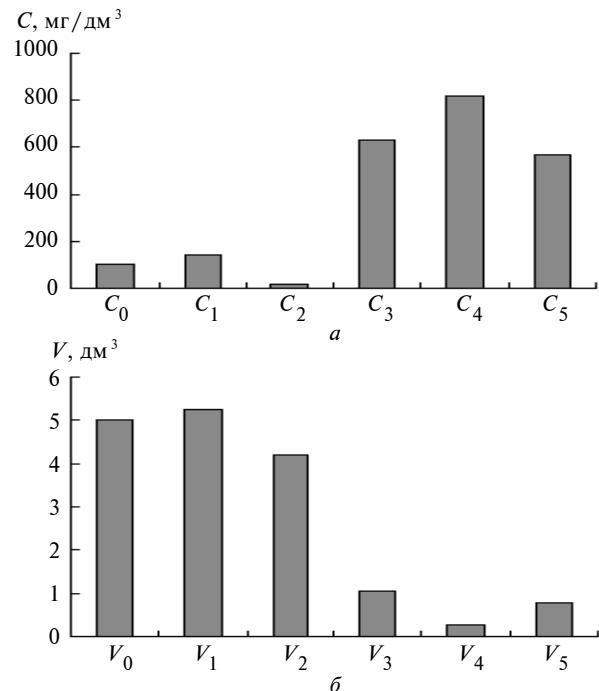


Рис. 2. Розподіл концентрацій нітрат-іонів (а) та об'ємів (потоків) води (б) у розглянутій системі (позначення – див. рис. 1)

Висновки

Не втрачають своєї актуальності питання, пов'язані з очищенням водних об'єктів від таких токсикантів, як нітрат-іони, адже надмірна їх кількість може призвести до цілої низки захворювань, серед яких – водонітратна метгемоглобінемія, гострі та хронічні отруєння, онкологічні захворювання тощо. Складність видалення нітратів полягає в тому, що це стабільні іони з низькою здатністю до адсорбції, комплексоутворення і добре розчинні у воді. Найчастіше для вилучення цих аніонів використовують такі методи, як іонний обмін, електродіаліз, адсорбція на різних матеріалах, мембранні методи. Саме останні набувають все більшого поширення для вирішення проблеми надмірного вмісту нітратів. Серед мембранних технологій багато дослідників виділяють нанофільтрацію як метод, що є ефективним у тих випадках, коли немає необхідності в затримуванні однозарядних іонів натрію, калію, хлоридів, проте слід видалити з розчину багатозарядні іони кальцію, магнію, сульфати, а також низькомолекулярні органічні сполуки, що дає змогу отримувати фізіологічно повноцінну воду. Підвищення затримування саме нітратів можна досягти завдяки застосуванню реагентів, які зменшують їх трансмембранний перенос. З цією ме-

тою нами запропоновано використання полігексаметиленгуанідину, а для можливості його повторного застосування додано стадію ультрафільтрації і, таким чином, запропоновано нову технологічну схему для вилучення нітрат-іонів із природних вод. Проте слід зазначити, що при всій своїй ефективності для вилучення нітратів із природної води пропонується схема не є універсальним вирішенням проблеми, а потребує розгляду доцільності використання в кожному окремому випадку. Для цього необхідно знати концентрації нітрат-іонів та об'єми розчинів на всіх стадіях процесу, що допоможе зробити розрахунок матеріального балансу. Отримані в ході розрахунку формули дають можливість оцінити доцільність практичної ре-

лізації двоступеневої технологічної схеми для видалення нітратів баромембранними методами, а також контролювати хід очищення на кожній стадії процесу. Таким чином, перспективність застосування схеми полягає у вирішенні важливого завдання екологічної безпеки, яке стосується очищення природної води з підвищенням вмістом нітрат-іонів.

Подальші дослідження у цій сфері можуть бути спрямовані на розгляд аспектів, які стосуються особливостей застосування реагентів для зменшення трансмембранного переносу нітрат-іонів, і визначення оптимальних умов проведення таких процесів, що сприятиме покращенню стану навколишнього середовища і, як наслідок, здоров'я населення.

Список літератури

1. *Shrimali M., Singh K.P.* New methods of nitrate removal from water // *Environmental Pollution*. – 2001. – **112**, № 3. – P. 351–359.
2. *Слипченко В.А., Малицкая Т.Н.* Удаление минеральных азотсодержащих веществ из питьевой воды // *Химия и технология воды*. – 1992. – **14**, № 1. – С. 35–48.
3. *Иевлева О.С., Гончарук В.В.* Методы удаления нитратов из природных и питьевых вод // *Химия и технология воды*. – 2006. – **28**, № 3. – С. 256–273.
4. *Santafe-Moros A., Gozvalves-Zafrilla J.M., Lora-Garcia J.* Nitrate removal from ternary ionic solutions by a tight nanofiltration membrane // *Desalination*. – 2007. – **204**. – P. 63–71.
5. *Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды* / Под ред. В.В. Гончарука. – К.: Наук. думка, 2005. – 399 с.
6. *Иевлева О.С., Бадеха В.П., Гончарук В.В.* Влияние низкомолекулярных аминов на извлечение нитратов методом нанофильтрации // *Химия и технология воды*. – 2010. – **32**, № 4. – С. 438–447.
7. *Иевлева О.С., Бадеха В.П., Гончарук В.В.* Влияние высокомолекулярных аминов на извлечение нитратов методом нанофильтрации // *Химия и технология воды*. – 2012. – **34**, № 3. – С. 232–243.
8. *Способ очистки воды від нітратів*: Пат. 101897 Україна, МПК C02F 1/44 (2006.1), C02F 1/52 (2006.1), C02F 11/12 (2006.1), C02F 9/02 (2006.1), B01D 61/58 (2006.1). / О.С. Ієвлева, В.В. Гончарук, В.П. Бадеха; заявник і патентовласник Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України. – № а201114606; Заявлено 09.12.2011; Опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9.
9. *Иевлева О.С., Бадеха В.П., Гончарук В.В.* Технологическая схема очистки природных вод от нитрат-ионов баромембранными методами // *Химия и технология воды*. – 2014. – **36**, № 5. – С. 448–457.
10. *Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н.* Методы исследования качества воды водоемов. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
11. *Новый фотометрический метод определения остаточных концентраций полигексаметиленгуанидина в питьевых и природных водах* / В.В. Гончарук, А.В. Терлецкая, О.С. Ієвлева и др. // *Химия и технология воды*. – 2006. – **28**, № 6. – С. 558–570.
12. *Improved brine recycling during nitrate removal using ion exchange* / B.U. Bae, Y.-H. Jung, W.-W. Han, H.-S. Shin // *Water Res.* – 2002. – **36**, № 13. – P. 3330–3340.

References

1. M. Shrimali and K.P. Singh, “New methods of nitrate removal from water”, *Environmental Pollution*, vol. 112, no. 3, pp. 351–359, 2001.
2. V.A. Slipchenko and T.N. Malitskaya, “The removal of nitrogen containing mineral substances from drinking water”, *Himija i Tehnologija Vody*, vol. 14, no. 1, pp. 35–48, 1992 (in Russian).
3. O.S. Ievleva and V.V. Goncharuk, “Methods of nitrate removal from natural and drinking waters”, *Himija i Tehnologija Vody*, vol. 28, no. 3, pp. 256–273, 2006 (in Russian).
4. A. Santafe-Moros *et al.*, “Nitrate removal from ternary ionic solutions by a tight nanofiltration membrane”, *Desalination*, vol. 204, pp. 63–71, 2007.

5. *Ecological Aspects of Modern Technology Protection of the Aquatic Environment*, V.V. Goncharuk, Ed. Kyiv, Ukraine: Naukova Dumka, 2005, 399 p. (in Russian).
6. O.S. Ievlieva *et al.*, "The influence of low-molecular amines on nitrate removal using nanofiltration method", *Himija i Tehnologija Vody*, vol. 32, no. 4, pp. 438–447, 2010 (in Russian).
7. O.S. Ievlieva *et al.*, "Influence of high molecular amines on removal of nitrates from aqueous solutions by the nanofiltration method", *Himija i Tehnologija Vody*, vol. 34, no. 3, pp. 232–243, 2012 (in Russian).
8. O.S. Ievlieva *et al.*, "The method for water purification from nitrate", Ukraine Patent 101897, May 13, 2013 (in Ukrainian).
9. O.S. Ievlieva *et al.*, "The flowsheet for nitrate removal from natural water using baromembranes methods", *Himija i Tehnologija Vody*, vol. 36, no. 5, pp. 448–457, 2014 (in Russian).
10. Y.V. Novikov *et al.*, *Methods of Investigation of Ponds Water Quality*. Moscow, USSR: Medicina, 1990, 400 p. (in Russian).
11. V.V. Goncharuk *et al.*, "New photometric method for the determination of traces of polyhexamethyleneguanidine in tap and natural water", *Himija i Tehnologija Vody*, vol. 28, no. 6, pp. 558–570, 2006 (in Russian).
12. B.U. Bae *et al.*, "Improved brine recycling during nitrate removal using ion exchange", *Water Res.*, vol. 36, no. 13, pp. 3330–3340, 2002.

О.С. Ієвлева, В.В. Гончарук

РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ НІТРАТ-ІОНІВ ІЗ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ БАРОМЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ

Проблематика. Надмірний вміст нітратів у природних водах є однією з найважливіших проблем у галузі охорони навколишнього середовища. Для вирішення цього питання запропоновано двоступеневу технологічну схему, яка, за всіх існуючих переваг, потребує визначення доцільності її застосування в кожному окремому випадку.

Мета дослідження. Розрахунок матеріального балансу двоступеневої технологічної схеми для вилучення нітрат-іонів із природних вод, що дасть змогу точно і легко визначити об'єми (поток) води та концентрації іонів на всіх стадіях процесу.

Методика реалізації. Фільтрування у прямотечійному режимі розчину нітратів або природної води з попередньо введеним реагентом із використанням двох комірок: для нано- та ультрафільтрації.

Результати дослідження. За отриманими формулами можна легко розрахувати всі об'єми та концентрації та зробити висновки про придатність системи для застосування у конкретних умовах. Експериментальна перевірка на воді з підземного джерела, де концентрація нітратів становила 105 мг/дм³, довела ефективність запропонованої схеми для селективного вилучення нітрат-іонів із природної води.

Висновки. Розрахований матеріальний баланс дає можливість оцінити доцільність практичної реалізації двоступеневої технологічної схеми для видалення нітратів баромембранними методами, а також контролювати хід очищення на кожній стадії процесу. Перспективність застосування схеми полягає у вирішенні важливого завдання екологічної безпеки, яке стосується очищення природної води з підвищеним вмістом нітрат-іонів.

Ключові слова: нітрат-іони; природні води; вилучення; нанофільтрація; ультрафільтрація; полігексаметиленгуанідин.

О.С. Ієвлева, В.В. Гончарук

РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НИТРАТ-ИОНОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ БАРОМЕМБРАННЫМИ МЕТОДАМИ

Проблематика. Повышенное содержание нитратов в природных водах является одной из главных проблем в отрасли охраны окружающей среды. Для решения этого вопроса предложено использование двухступенчатой технологической схемы, которая, несмотря на ряд преимуществ, требует рассматривать целесообразность ее применения в каждом отдельном случае.

Цель исследования. Расчет материального баланса двухступенчатой технологической схемы для удаления нитрат-ионов из природных вод, что позволит легко и точно определять все концентрации ионов и все потоки (объемы) воды на всех стадиях процесса.

Методика реализации. Фильтрация в прямоточном режиме раствора нитратов или природной воды с предварительно введенным реагентом с использованием двух ячеек: для нано- и ультрафильтрации.

Результаты исследования. По полученным формулам можно легко рассчитать все объемы и концентрации и сделать выводы о целесообразности применения схемы в каждом конкретном случае. Экспериментальная проверка на природной воде из подземного источника, где концентрация нитратов составляла 105 мг/дм³, доказала эффективность предложенной схемы для селективного удаления нитрат-ионов из природной воды.

Выводы. Расчитанный материальный баланс дает возможность оценить целесообразность практической реализации двухступенчатой технологической схемы для удаления нитратов баромембранными методами, а также контролировать ход очистки на каждой стадии процесса. Перспективность применения схемы состоит в решении важной задачи экологической безопасности, которая касается очистки природной воды с повышенным содержанием нитрат-ионов.

Ключевые слова: нитрат-ионы; природные воды; извлечение; нанофильтрация; ультрафильтрация; полигексаметиленгуанидин.

Рекомендована Радою
хіміко-технологічного факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
15 червня 2015 року