

УДК 628.161

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ВІД АМОНІЙНОГО АЗОТУ ПРИРОДНИМИ ТА ШТУЧНИМИ КАТІОНІТАМИ

О.О. Мацієвська¹

Досліджено процес очищення водних розчинів від амонійного азоту природними (цеолітові породи Сокирницького родовища, Україна) та штучними (іонообмінна смола Roman Naas) катіонообмінними матеріалами. Перед дослідженням цеоліти та іонообмінну смолу переведено у Na-форму – оброблено у статичних умовах 5 %-м розчином хлориду натрію NaCl, приготовленим на дистильованій воді. Визначено повну та робочу динамічні місткості зазначених матеріалів. Іонообмінна смола має кращі характеристики порівняно з природним цеолітом.

Ключові слова: вода, видалення амонію, природний цеоліт, іонообмінна смола.

Вступ. Наявність у підземній воді сполук амонійного азоту є показником її забрудненості. Джерела надходження сполук азоту в природні, зокрема підземні, води різноманітні: забруднені атмосферні опади, що інфільтруються в підземні води; неорганічні азотні добрива та гній; стічні води тваринницьких комплексів, побутові й виробничі стічні води; стоки сміттєзвалищ тощо.

Нормативне значення концентрації амонійного азоту у воді, призначеній для споживання людиною, зокрема водопровідній, – не більше 0,5 мг/дм³. З урахуванням конкретної ситуації, за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території, цей показник може бути збільшений до 2,6 мг/дм³ [1]. Одним із методів вилучення амонійного азоту із водних розчинів є фільтрування їх крізь фільтри з катіонітовим завантаженням як природного (цеолітові породи Сокирницького родовища, Україна), так і штучного (іонообмінна смола Roman Naas) походження.

Мета досліджень – визначення повної та робочої іонообмінних місткостей (за амонійним азотом) цеоліту Сокирницького родовища та іонообмінної смоли Roman Naas у процесі очищення модельного розчину від катіонів амонію NH₄⁺ у динамічних умовах.

Матеріали та методи. Перед дослідженням цеолітові породи подрібнювали на кульовому млині, просіювали на стандартизованих ситах, промивали дистильованою водою та висушували до сталої маси. Обраний фракційний склад породи (0,5-1,02 мм) потрапляє у спектр грануляцій, які застосовують на практиці. Наважки сухого цеоліту та іонообмінної смоли брали з точністю ±0,001 г на аналітичних терезах марки ВЛА-200 г-М.

Для переведення цеоліту та іонообмінної смоли у Na-форму їх обробляли у статичних умовах 5 %-м розчином хлориду натрію NaCl, приготовленим на дистильованій воді. Після цього матеріал промивали дистильованою водою до зменшення концентрації хлорид-аніонів Cl⁻ у промивній воді до 10 мг/дм³ та висушували до сталої маси у сушильній шафі за температури 105 °С. Визначення вмісту хлорид-аніонів у фільтраті здійснювали методом титрування нітратом срібла AgNO₃ за стандартизованою методикою [2].

Кожен експеримент повторювали два рази, чим досягалась вірогідність отриманих результатів.

Схему лабораторної установки наведено на рис. 1. На металевому штативі 4 закріплена колонка 3 із прозорого органічного скла. Внутрішній діаметр колонки d=20 мм. Верхній кінець колонки з'єднаний з місткістю 1 з модельним розчином через лабораторний насос 2 марки 372 С фірми ELPAN (Польща). За допомогою цього насоса модельний розчин фільтрували низхідним потоком крізь шар завантаження. Очищену воду (фільтрат) відводили через нижню частину колонки у порожню місткість 5. Усі з'єднання колонки з місткостями та насосом виконані силіконовими шлангами 6.

Основний розчин хлориду амонію NH₄Cl об'ємом 1 см³ містив у собі 1 мг NH₄⁺. Модельний розчин хлористого амонію NH₄Cl для проведення досліджень готували шляхом додавання певного об'єму основного розчину у водопровідну воду для досягнення вихідної концентрації амонійного азоту 6 мг NH₄⁺/дм³. Досліджували цеолітові породи українського родовища фракцією 0,50-1,02 мм та іонообмінну смолу марки Roman Naas фракцією 0,50-1,00 мм. Досліди проводили до повного "виснаження" катіоніту в колонці, тобто, до того часу, коли концентрації іонів амонію в розчині та фільтраті були однакові (C₀=6,0 мг/дм³). Об'єм та маса завантажених у колонку матеріалів: цеоліту – V_ц=0,1 дм³, m=72,5 г; смоли – V_с=0,1 дм³, m=40,2 г. Швидкість фільтрування модельного розчину крізь катіонообмінне завантаження u=9,4 м/год. Витрата фільтрату q=3 дм³/год.

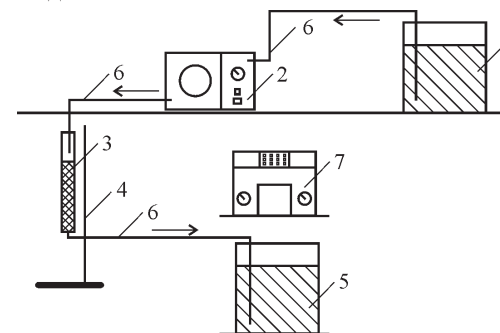


Рис. 1. Схema лабораторної установки для дослідження процесу очищення води від катіонів амонію іонообмінними матеріалами з нерухомим шаром завантаження:

- 1) місткість з модельним розчином; 2) лабораторний насос; 3) скляна колонка, заповнена іонообмінним матеріалом; 4) металевий штатив; 5) місткість для збирання фільтрату; 6) з'єднувальні силіконові шланги; 7) блок вимірювальної апаратури

Відлік часу починали одночасно з пуском лабораторного насоса. Через певні проміжки часу відбирали проби фільтрату, в яких визначали залишкову концентрацію катіонів амонію методом прямої несселеризації за допомогою фотокolorиметра марки КФК-2МП (Росія) у кюветях з товщиною оптичного шару 4,995 мм проти розчину порівняння [3]. Визначення проводили за довжини хвилі λ = 420 нм. Температура модельного розчину – 18^{±1}°С.

¹ доц. О.О. Мацієвська, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

Результати. За отриманими експериментальними даними побудовано графічну залежність концентрації катіонів амонію у фільтраті від об'єму розчину W , що пройшов крізь катіонообмінне завантаження (рис. 2). Як видно з рис. 2 (а), повне "виснаження" цеоліту настає за значення $W_1=70,5 \text{ дм}^3$. Ця цифра відповідає тривалості роботи фільтра до повного виснаження завантаження $T_1=23,5 \text{ год}$. Згідно з рис. 2 (б), повне "виснаження" йонообмінної смоли настає за значення $W_2=42 \text{ дм}^3$, що відповідає тривалості роботи фільтра до повного виснаження завантаження $T_2=14 \text{ год}$.

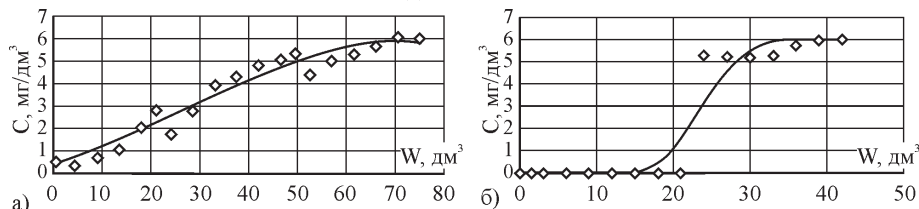


Рис. 2. Залежність зміни концентрації катіонів NH_4^+ у фільтраті від об'єму модельного розчину, профільтрованого крізь завантаження із:
а) цеоліту; б) йонообмінної смоли

У серії дослідів з цеолітовим завантаженням концентрація катіонів амонію NH_4^+ у фільтраті $0,5 \text{ мг/дм}^3$ спостерігається за значення $W_1=8 \text{ дм}^3$, що відповідає часу захисної дії фільтра (тривалості робочого періоду) $t_1=2,66 \text{ год}$.

Під час дослідження завантаження з йонообмінною смолою концентрація катіонів амонію NH_4^+ у фільтраті $0,5 \text{ мг/дм}^3$ спостерігається за значення об'єму фільтрату $W_2=18 \text{ дм}^3$, що відповідає часу захисної дії фільтра (тривалості робочого періоду) $t_1=6 \text{ год}$. За експериментальними даними методом графічного інтегрування визначено повну та робочу динамічні обмінні місткості досліджуваних йонообмінних матеріалів за катіонами амонію. Результати наведено в таблиці.

Табл. Повна та робоча динамічні обмінні місткості йонообмінних матеріалів за катіонами амонію

Йонообмінний матеріал	Цеоліт	Йонообмінна смола
Повна обмінна місткість E_p , мг NH_4^+ /г катіоніту	2,61	3,62
Робоча обмінна місткість E_p , мг NH_4^+ /г катіоніту	0,61	2,70

Висновки. Дослідження процесу очищення водних розчинів від амонійного азоту природними та штучними катіонітами виявило кращі властивості йонообмінної смоли порівняно з природним цеолітом.

Література

1. ДСанПін 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною // Затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р., № 400.
2. ГОСТ 4245-72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов.
3. ГОСТ 4192-82. Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ.

Надіслано до редакції 24.02.2016 р.

Мацеевская О.А. Эффективность очистки природных вод от аммонийного азота природными и искусственными катионитами

Исследован процесс очистки водных растворов от аммонийного азота природными (цеолитовые породы Сокирицкого месторождения, Украина) и искусственными (ионообменная смола Roman Haas) катионообменными материалами. Перед исследованием цеолиты и ионообменная смола переведены в Na-форму – обработаны в статических условиях 5 %-м раствором хлорида натрия NaCl, приготовленным на дистиллированной воде. Определены полная и рабочая динамические емкости указанных материалов. Ионообменная смола имеет лучшие характеристики по сравнению с природным цеолитом.

Ключевые слова: вода, удаление аммония, природный цеолит, ионообменная смола.

Matsiyevska O.O. The Purification Efficiency of Natural Waters from Ammonium Nitrogen by Natural and Synthetic Cation-Exchange Materials

The process of purification of aqueous solutions of ammonium nitrogen by natural (Sokyrnytsky zeolite rock deposits, Ukraine) and synthetic (ion exchange resin Roman Haas) cation-exchange materials. Before the study zeolites and ion exchange resin transferred to Na-form – were treated in static conditions 5 % solution of sodium chloride NaCl, prepared in distilled water. Complete and working dynamic capacity of these materials is determined. Ion exchange resin is proved to have better performance compared to the natural zeolite.

Keywords: water, ammonium removal, natural zeolite, ion exchange resin.

УДК 66.084:541.182:628.1

КАВИТАЦІЙНЕ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТОКІВ ПИВОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА У ПРИСУТНОСТІ ГАЗІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ

Л.І. Шевчук¹, І.Є. Никулишин², Т.С. Фалик³

Досліджено вплив природи газів (аргону, кисню та вуглекислого газу) на процес звуко-хімічного знезараження стоків пивоварного виробництва. Проведено мікробіологічну ідентифікацію стічної води із "Пивоварні "Кумпель" та встановлено, що найбільш типовими представниками цієї води є дріжджі роду *Saccharomyces* та бактерії (*Micrococcus*, *Bacterium*, *Pseudomonas* та *Sarcina*). Підтверджено, що кавітаційний процес знезараження пивоварних стоків, незалежно від природи барботованого газу, можна описати, застосувавши кінетичне рівняння першого порядку. Встановлено ряд ефективності впливу природи газів на процес кавітаційного очищення досліджуваної води, де найбільшу ефективність проявив аргон.

Ключові слова: мікроорганізми, стічна вода, кавітаційне очищення води, ультразвук, мікробне число.

Вступ. Пивоварне виробництво пов'язане зі значними витратами води, що зумовлює утворення виробничих стоків. Великий об'єм стічних вод утворюється на стадії миття та замочування ячменю, промивання дріжджів, миття виробничих місткостей, трубопроводів, тари, а також внаслідок скидання останніх промивних вод варильного цеху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стічні води пивоварного виробництва містять розбавлені розчини цукрів, білків, неорганічних солей, у них також є частинки землі та зерна. Найбільш забрудненими є стоки, що утворю-

¹ доц. Л.І. Шевчук, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² доц. І.Є. Никулишин, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

³ аспір. Т.С. Фалик – НУ "Львівська політехніка"