

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ХРОМУ(III) НА ПРИРОДНИХ АДСОРБЕНТАХ

Досліджено процеси сорбційного очищення стічної води від іонів хрому (III). Експериментально досліджено процес адсорбції іонів хрому та калію зі стічних вод природним мінеральним сорбентом глауконітом в статичних та динамічних умовах. Встановлена залежність між кількістю адсорбенту та залишковою концентрацією іонів хрому в стоках.

Sorptive processes of water purification from pollution of chromiums (III) ions were investigated in this research. The absorption process of chromium and potassium ions from drain water by mean of natural mineral sorbent glauconite (in static and dynamic conditions) was investigated. The dependence between the absorbent quantity and residual concentration of chromium ions in the gutter was established.

Ключові слова: сорбційне очищення води, глинисті сорбенти.

Вступ

Інтенсивний розвиток промисловості, комунального і сільського господарства спричиняє збільшення кількості забруднених різними домішками відпрацьованих стічних вод. Основними джерелами забруднення стічних вод іонами хрому (III) є гальванічні цехи машинобудівних, приладобудівних, автомобільних, авіаційних заводів, цехи текстильних підприємств, шкіряні заводи, на яких проводять хромове дублення, хімічні заводи, які випускають хромпик та хромові галуни. Стічні води шкіряної промисловості містять велику кількість розчинних та нерозчинних сполук, мають неприємний запах, темний колір, п'януть і є токсичними. Ступінь забруднення і кількість стічних вод, які утворюються в процесі переробки шкіряної і хутрової сировини, залежать від видів шкіри та хутра, які виробляють, технології виробництва і, перш за все, підготовчих процесів і дублення. Вміст іонів хрому (III) у стоках шкіряних виробництв може досягати 3000 та більше мг/дм³. Враховуючи токсичність цього металу, стоки, які містять його сполуки, підлягають обов'язковому очищенню перед їх викидом у природні водойми.

Не дивлячись на велику кількість методів очищення стічних вод, кожен із них має свої недоліки. Так, до недоліків реагентних методів відносять значні витрати реагентів, додаткові забруднення ними стічних вод, втрати хрому, неможливість повернення води в оборотний цикл через підвищений солеміст. Недоліками іонообмінного методу є значні кількості хімікатів для регенерації іонітів, попереднє розділення промивних вод від концентрованих розчинів; електрохімічного методу – значні витрати матеріалу для розчинних анодів, пасивація анодів, попереднє розведення концентрованих стічних вод перед очищенням, значне утворення шламу.

Аналіз останніх публікацій свідчить про доцільність застосування адсорбційних методів для очищення стічних вод від забруднювачів із використанням природних дисперсних сорбентів. Очищення водних розчинів за допомогою дисперсних сорбентів відповідає багатьом вимогам екологічно чистого та енергоощадного виробництва, що базується на принципі безвідходності. Потужні геологічні запаси, дешеве видобування породи, проста підготовка до транспортування та використання, можливість використання відпрацьованих сорбентів у інших технологіях, завдяки чому відпадає потреба у дорогій за вартістю регенерації – основні переваги використання природних мінералів.

Метою роботи є дослідження ефективності очищення стічних вод від іонів хрому(III) природним глинистим сорбентом бентонітом.

Методи дослідження

Роботу присвячено експериментальним дослідженням процесу сорбції іонів хрому (III) із розчинів солей бентонітовими глинами. Представлені результати досліджень сорбційних властивостей глин Черкаського родовища в статичних умовах. Дослідження процесу сорбції хрому в статичних умовах проводили методом окремих наважок. Попередньо готували модельні розчини солей досліджуваного металу концентрацією від 0,5 до 2,5 г/л. Перемішування здійснювали один раз одразу після дозування сорбенту. В ході експериментів варіювали такими параметрами, як шар адсорбенту (5–25 г на 50 см³ модельної води), концентрація вихідного розчину (0,5–2,5 г/л), тривалість процесу (20 хв–24 год) та температура розчину (20°C–60°C). Залишкові концентрації іонів хрому (III) в розчині визначали титрометричним методом.

Результати дослідження

Експериментально досліджували залишкову концентрацію іонів трьохвалентного хрому у випадку, якщо на різних шарах адсорбенту поглинається стічна вода з однаковою концентрацією іонів хрому(III) при кімнатній температурі. Для визначення оптимального товщини шару адсорбенту до 50 мл досліджуваного розчину концентрацією $C_0(\text{Cr}^{3+}) = 2,5$ г/л додавали від 5 до 25 г адсорбенту. Розчини аналізували через 1 годину, 2 години, 24 години. Значення залишкових концентрацій наведені у табл. 1.

Ступінь вилучення іонів хрому з водного розчину зростає у випадку збільшення шару адсорбенту, що можна пояснити розвитком активної сорбційної поверхні. Оскільки приріст питомої адсорбції дещо відстає від приросту маси адсорбенту, то можна зробити висновок щодо переважно поверхневого характеру сорбції.

Вплив шару адсорбенту на зміну концентрації іонів хрому(III)

 $(C_0(\text{Cr}^{3+}) = 2,5 \text{ г/л}; t = 20 \text{ }^\circ\text{C})$

τ , год	Шар адсорбенту, г				
	5	10	15	20	25
	$C_\tau(\text{Cr}^{3+})$, г/л				
Бентонітова глина другого продуктивного шару, прошарок II – 3					
1	2,456	2,296	1,993	1,696	1,425
2	2,421	2,095	1,773	1,491	1,291
24	0,501	0,410	0,335	0,283	0,252
Бентонітова глина другого продуктивного шару, прошарок II – 6					
1	2,445	2,194	1,895	1,614	1,327
2	2,322	1,978	1,675	1,395	1,193
24	0,412	0,331	0,265	0,221	0,193
Бентонітова глина третього продуктивного шару (палигорськіт)					
1	2,445	2,095	1,793	1,524	1,324
2	2,228	1,878	1,573	1,298	1,098
24	0,305	0,235	0,180	0,140	0,118

Для визначення впливу часу (в межах від 20 до 1140 хвилин) на ефективність вилучення іонів хрому(III) з розчину концентрацією $C(\text{Cr}^{3+}) = 2,5 \text{ г/л}$ додавали 10 г адсорбенту (бентонітова глина третього продуктивного шару). Як видно із отриманих результатів (табл.2), протягом перших 20–40 хв. інтенсивно проходить іонний обмін, далі процес сповільнюється. Це можна пояснити тим, що кількість активних іонів лужних металів у гратці, здатних до обміну, по мірі проходження процесу зменшується. Поступово рівноважні концентрації обмінних іонів середовища і в палигорськіті вирівнюються. Аналогічна залежність спостерігається і при використанні бентонітових глин другого продуктивного шару, представлених переважно монтморилонітом, однак у цьому випадку процес дещо сповільнений.

Таблиця 2

Вплив тривалості процесу на зміну концентрації іонів хрому (III)

 $(\text{бентонітова глина третього продуктивного шару} - 10 \text{ г}; t = 20 \text{ }^\circ\text{C})$

T, хв.	$C_0(\text{Cr}^{3+})$, г/л				
	0,5	1	1,5	2	2,5
	$C_\tau(\text{Cr}^{3+})$, г/л				
20	0,362	0,778	1,321	1,805	2,311
40	0,221	0,556	1,015	1,591	2,120
60	0,185	0,486	0,902	1,436	2,095
90	0,165	0,443	0,848	1,384	2,025
120	0,148	0,416	0,789	1,282	1,878
1140	0,016	0,078	0,138	0,188	0,235

Так, як свідчать наші результати, значення залишкових концентрацій за рівнозначних початкових на 60 хвилин відрізняються від представлених в таблиці 2 максимально на $\pm 3\%$, а надалі значення майже аналогічні. При збільшенні концентрації іонів металу ступінь адсорбції зменшується, так як відбувається насичення поверхні мінералу адсорбатом, що ще раз підтверджує поверхневий характер сорбції.

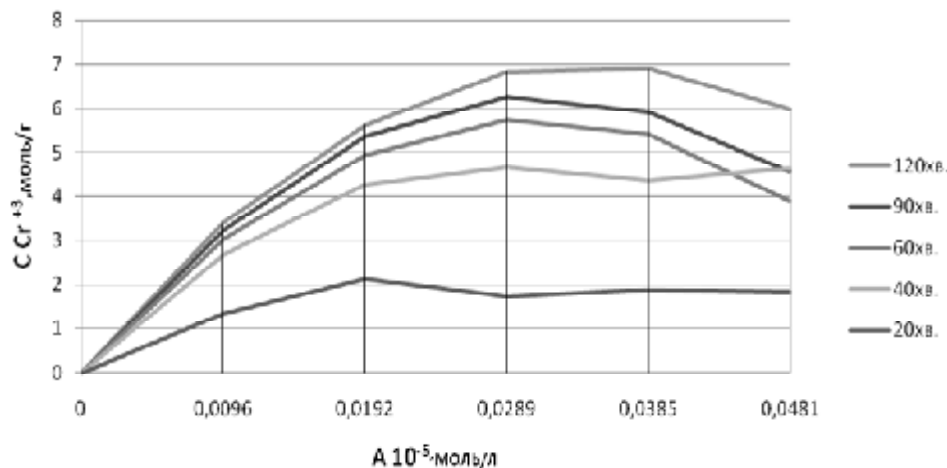


Рис. 1. Кінетика адсорбції іонів хрому(III) за різних початкових концентрацій забруднювача (бентонітова глина третього продуктивного шару; $t = 20^\circ\text{C}$)

На рис. 1 наведені ізотерми адсорбції в координатах А-С. Вони побудовані на основі даних експерименту, проведених з адсорбентом- палигорськітом- за температури 20⁰С.

Так як очищення із стічної води проходить в області невеликих концентрацій іонів хрому в воді, тому «робочою зоною» може бути і перша область ізотерми L-типу. Ізотерми адсорбції часового інтервалу 20 і 40 хвилин з достатньою точністю відповідають ізотермі Ленгмюра. Практично, розраховані значення оберненої залежності (рис.2) в часовому інтервалі 20-40 хвилин з достатньою точністю можуть бути описані прямою. Зображуючи експериментальні дані графічно у вигляді залежності $\frac{1}{A} = f\left(\frac{1}{C}\right)$ та екстраполюючи лінію тренда на вісь 1/A знайдено граничні значення адсорбції та константи рівноваги адсорбції (табл. 3).

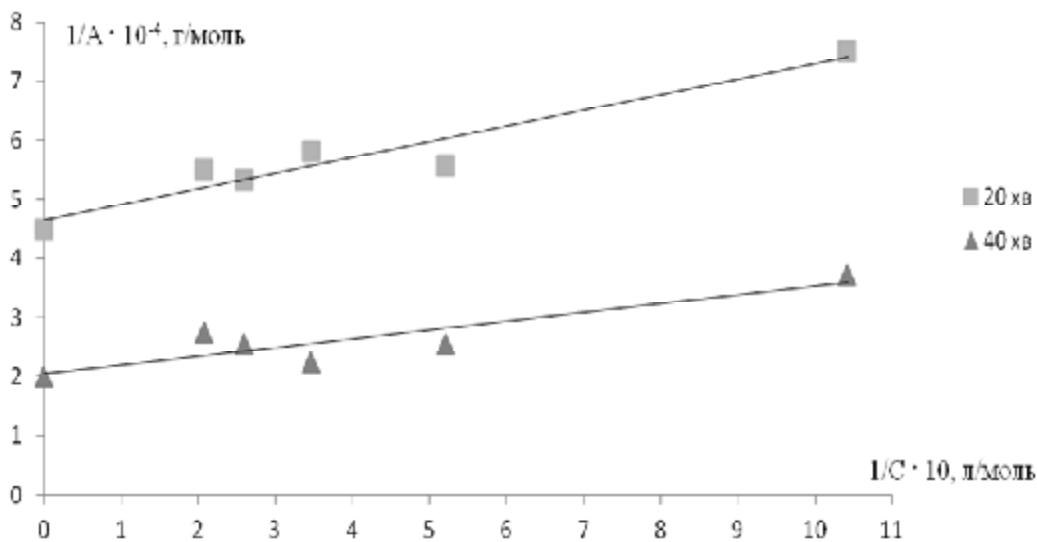


Рис. 2. Лінійна форма ізотерми адсорбції іонів хрому (III)

Таблиця 3

Значення адсорбції залежно від концентрації іонів хрому

Час, Хв...	Граничні значення адсорбції, $A_{\infty} \cdot 10^{-4}$ моль/г	Константи рівноваги адсорбції, К
20	4,55	181,82
40	2	142,86

Висновки

Проведені дослідження підтвердили перспективність застосування бентонітових та палигорськітових глин для очищення стічних вод шкіряного виробництва від іонів хрому(III) та можливість застосування теорії мономолекулярної адсорбції для розрахунку процесу.

Як свідчать результати експерименту, максимальне поглинання іонів хрому(III) відбувається впродовж 1–2 годин, а практично повне – через 24 години. За тривалості адсорбції 24 години і концентрації 0,5 г/л ступінь вилучення іонів хрому становить 96,8 %, а при концентрації 2,5 г/л – 90,6 %.

Ефективність адсорбції зростає у випадку збільшення товщини шару адсорбенту, що можна пояснити розвитком активної сорбційної поверхні.

Процес адсорбції іонів хрому(III) палигорськітом найкраще описує ізотерма Ленгмюра в незначних часових інтервалах. Експериментальні дані в часовому інтервалі 20-40 хвилин з достатньою точністю можуть бути описані лінійною ділянкою ізотерми адсорбції, що досить характерно при малих концентраціях речовини у розчині. Обраховані значення константи рівноваги адсорбції за тривалості процесу 20 та 40 хвилин відповідно становлять 181,82 та 142,86.

Література

1. Грим Р.Э. Минералогия и практическое использование глин / Грим Р.Э. – М. : Мир, 2007. – 511 с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води : [підручник] / Запольський А.К. – К. : Вища шк., 2005. – 671 с.
3. Яновська Е.С. Наукові основи безвідходної технології доочищення промислових стічних вод від сумішей іонів важких металів / Е.С. Яновська, І.В. Затовський, М.С. Слободяник // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – № 5. – С. 50–54.

Надійшла 15.6.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Крикливий Д.І.