

ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ І СТИЧНИХ ВОД

УДК 628.54: 628.16

Володимир Рогов, Андрій Регуш*

НВО "Потенціл-Еко", м. Рівне,

*НУ "Львівська політехніка",

кафедра гідравліки та сантехніки

АДСОРБЦІЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ШТУЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ СОРБЕНТАХ

© Рогов Володимир, Регуш Андрій, 2001

In the paper experimental results of the heavy metals ions removing on the birch activated carbon and on the nature ceolit in the range of small concentrations are presented. The mathematical description of the adsorbtion izoterms by means of extended Langmuir model is proposed. Results of the investigation may be used for the design of the adsorbtion plants, which clarifies seweges with small concentrations of the heavy metals ions.

Дешевизна природних та штучних сорбентів зумовлює їх широке застосування для очищення побутових та виробничих стічних вод [1]. Забезпечується високий ступінь очищення та стабільність знешкодження при неочікуваних залпових викидах забруднень [2]. Особливо актуальним є розроблення адсорбційних методів доочищення стічних вод гальванічних виробництв, яке за ступенем негативної дії на довкілля стоїть на першому місці серед усіх інших [3].

Метою нашої роботи є визначення адсорбційної здатності немодифікованого активованого вугілля та природних цеолітів за іонами важких металів (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cr(VI) та $\text{Fe}_{\text{заг}}$) в статичних умовах.

Для доочищення нами було вибрано активоване вугілля марки БАУ та цеоліт Сокирницького родовища Закарпатської області. Для очищення хромвмісних стічних вод рекомендують використовувати активоване вугілля марки БАУ [3], сорбційна ємність якого за Cr^{6+} досягає 24 мг/г [4]. Адсорбція на БАУ є перспективним методом очищення водних розчинів від Fe^{3+} та Cu^{2+} до рівня 10^{-7} та 10^{-8} ваг % [5]. Сьогодні доведено можливість використання цеолітів з родовища Сокирниця для очищення природних вод від амонійного азоту та від сполук шестивалентного хрому в стічних водах поліграфічної промисловості [6, 7].

Моделльні розчини готувались з дистильованої води та солей: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Усі хімічні реагенти мали кваліфікацію "х. ч." та "ч. д. а." Кількісні аналізи вмісту іонів важких металів проводилися фотометричними методами [8]. Визначали рН води потенціометричним методом на іономірі універсальному ЭВ – 74. Температура повітря в приміщенні $t = 18 \pm 2$ °С.

Умови експерименту були наближені до виробничих. Активоване вугілля бралось з заводської тари, не піддавалось ніякій обробці і мало такі технічні характеристики [9]:

крупність основних фракцій, мм – 1 – 5;

розмір зерен:

< 1,0 мм, % – < 1,0

1,0 – 3,5 мм, % – ≥ 96,5

3,5 – 5,0 мм, % – ≤ 2,5

вміст золи, % – ≤ 8,0

насипна густина, г/дм³ – 220

Підготовка цеолітових порід полягала у подрібненні породи на кульовому млині з подальшим розсіюванням на відповідних ситах. Досліджувалась цеолітове борошно – цеоліт, вільний від фракцій, більших за 0,5 мм.

Методика експерименту така. У реактор наливали 0,2 л модельного розчину солі важкого металу певної концентрації, туди ж додавали наважку сорбенту масою 1 г. Після цього інтенсивно струшували протягом 10 хв. Визначали концентрацію елемента до контакту та після контакту з сорбентом. Тривалість контакту становила не менше ніж 3 год. Паралельно вимірювали рН. Питому адсорбцію **a** визначали за формулою:

$$a = \frac{(C_0 - C_p)V}{m} \quad \text{мг/г}, \quad (1)$$

де C_0 – вихідна концентрація відповідного іона, мг/л; C_p – рівноважна концентрація іона (концентрація після контакту), мг/л; V – об'єм розчину, л; m – маса наважки сорбенту, г.

За результатами експериментів будувалися ізотерми адсорбції **a = f(C_p)** (див. рисунок).

Апроксимували експериментальні дані за допомогою програми Curve Expert 1.3. Ізотермам адсорбції надавали вигляд розширеного рівняння Лангмюра (Langmuir Model (Extended)):

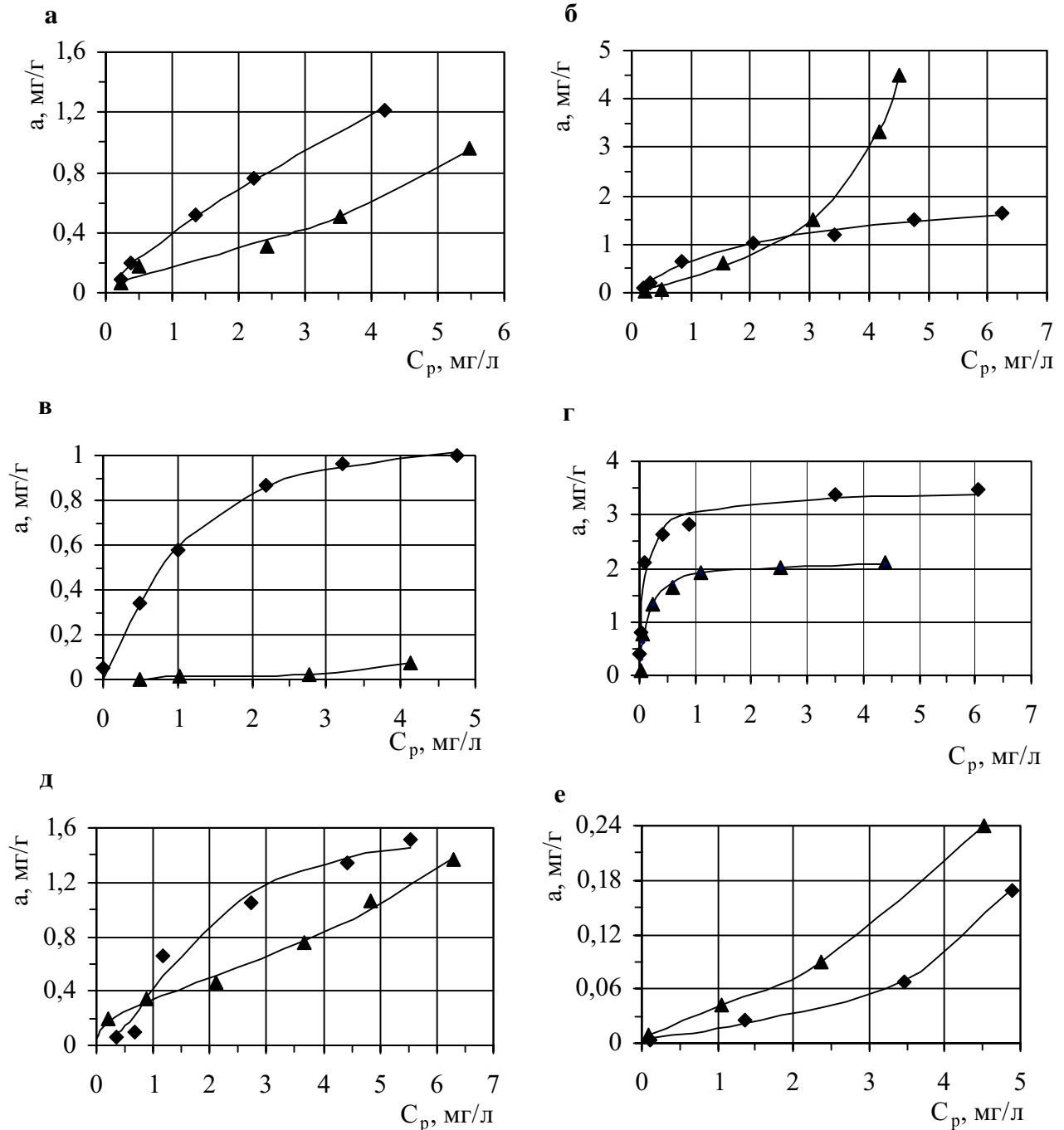
$$a = \frac{1}{m + bC_p^{(c-1)}}, \quad \text{мг/г} \quad (2)$$

Результати досліджень наведемо в табличній формі.

Результати досліджень адсорбції іонів важких металів на АВ марки БАУ та природному цеоліті родовища Сокирниця

Іон важкого металу	Значення рН вихідного розчину	Максимальне значення C_p , мг/г	Коефіцієнти в рівнянні Лангмюра		
			m	b	c
Zn(II)	6,05...6,35/6,05...6,35	5,48/4,21	-6,113/0,1847	11,6786/2,2831	0,7116/0,1123
Cu(II)	5,9...6,55/5,65...6,0	4,5/6,25	-0,9558/0,4248	4,0428/1,1402	0,1805/0,0148
Ni(II)	6,1...6,6/6,25...6,4	4,12/4,75	-/0,8966	-/0,7927	-/-0,3897
Cr(III)	7,55...6,55/6,5...7,85	4,4/6,06	0,4744/0,2878	0,0547/0,0381	-0,1148/0,1884
Fe _{заг}	4,85...6,55/4,85...6,55	6,3/5,54	-3,5981/0,6068	6,5638/1,7966	0,773/-0,8292
Cr(VI)	5,15...5,25/ 5,15...5,25	4,52/4,88	-14,8608/-59,4164	39,2899/116,0843	0,5193/0,6371

Примітка: в чисельнику наведені значення для БАУ, в знаменнику для цеоліту.



Ізотерми адсорбції іонів Zn(II) (а), Cu(II) (б), Ni(II) (в), Cr(III) (г), Fe_{заг} (д), Cr(VI) (е):

◆ – адсорбція на цеолітах, ▲ – адсорбція на БАУ

Аналіз експериментальних залежностей дав змогу запропонувати такий ряд ефективності адсорбції іонів важких металів: для активованого вугілля – Cr(III) > Fe_{заг} > Cu > Zn > Cr(VI) > Ni; для закарпатського цеоліту – Cr(III) > Cu > Ni >> Fe_{заг} > Zn > Cr(VI). Взаєморозміщення адсорбційних кривих вказує, що адсорбція Zn(II), Ni(II), Cr(III) ефективніше відбувається на закарпатському цеоліті; Cr(VI) – на АВ БАУ. Cu(II) при концентраціях $C_p \geq 2,5$ мг/л

ефективніше видаляється на АВ БАУ; $\text{Fe}_{\text{заг}}$ при концентраціях $C_p \geq 0,9$ мг/л ефективніше на закарпатському цеоліті. Адсорбція іонів Ni^{2+} на АВ БАУ практичного значення не має. Варто також відзначити, що Cr(VI) в області даних рН характеризується малою питомою адсорбцією як на цеолітах, так і на активованому вугіллі.

1. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – К. 1983. 2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М. 1984. 3. Зубченко В.Л., Rogov В.М. и др. Гибкие автоматизированные гальванические линии: Справочник. – М. 1989. 4. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л. 1982. 5. Ефремов А.А., Зельвенский Я.Д., Оглоблина И.П. Применение адсорбционных методов для глубокой очистки хлоридов элементов III – V групп периодической системы. Сб.: Адсорбенты, их получение, свойства и применение. (Труды III Всесоюзного совещания по адсорбентам). – Л. 1970. – С. 249 – 253. 6. Баранська Р., Гудзовська Л., Мервинський Р., Ротер Ю. Адсорбційне очищення хромовмісних стоків в поліграфії // Українсько-польська науково-технічна конференція “Сучасні проблеми водопостачання і знешкодження стічних вод. – Львів 1996”. – Львів. 1996. – С.379–384. 7. Мацієвська О. Йонообмінно – сорбційні характеристики цеолітів українського та словацького родовищ // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – Івано-Франківськ. – 1998. 8. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод.– М. 1984. 9. Кольшикин Д.А., Михайлова К.К. Активные угли. Свойства и методы испытаний. – Л. 1972.