

amended on August 22, December 29 2004, May 9, December 31 2005, December 18 2006, June 26 2007, June 24 14, July 23, December 30 2008, March 14, December 27 2009, December 29 2010. Moscow, 2002.

15. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Kolchin Ye. A., Shuvaeva O. O. Sovremennyy gorod: tekhnogennyye ugrozy zhiznedeятelности – problemy i vozmozhnosti [The modern city: technogenic threats to life – challenges and opportunities]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2013, no. 1 (48), pp. 129–138.

16. Tatarintsev S. A., Barmin A. N., Kolchin Ye. A., Shuvaev A. S. Tekhnogennyye opasnosti – ugroza zhiznedeятelности cheloveka [Technogenic hazards – a threat to human life]. *Yestestvennyye nauki* [Natural Sciences], 2013, no. 1 (42), pp. 116–122.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ, ЦИНКА И КАДМИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СОРБЕНТОМ, ПОЛУЧЕННЫМ НА ОСНОВЕ ОПОК АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Шачнева Евгения Юрьевна

кандидат химических наук, доцент

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Арчибасова Дарья Евгеньевна

студентка

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Магомедова Эльвира Магомедовна

студентка

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Зухайраева Айшат Султановна

студентка

Астраханский государственный университет
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Получен новый модифицированный сорбент (СВ-1-А) на основе опок Астраханской области, представляющих собой уникальный поглотитель. Этот поглотитель способен удалять кислые газы, тяжелые металлы, различные органические и неорганические соединения из воздуха и воды, не нанося вред здоровью человека. Введение в состав смеси компонентов пиролюзита позволит окислять как низкомолекулярные органические, так и неорганические соединения. А наличие раствора хлорида натрия позволяет получить микропористую структуру. Исследованы основные физико-химические и адсорбционно-

структурные характеристики полученного сорбента: пористость сорбента по ацетону, суммарный объем пор по воде, содержание влаги, pH водной суспензии, насыпная плотность, истираемость, а также удельная поверхность путем изучения адсорбции изопропанола из растворов различной концентрации. Изучена адсорбция ионов металлов (медь, цинк и кадмий) на сорбенте СВ-1-А. Проведено сравнительное изучение сорбции металлов на рассматриваемом сорбенте. Изучены изотермы статической сорбции ионов металлов из водных растворов. Рассчитаны изменения энтальпии (ΔH), изобарно-изотермического потенциала (ΔG) и энтропии (ΔS) сорбции. Рассчитана кинетика сорбции ионов меди, цинка и кадмия из водных растворов. Результаты работы могут быть использованы для очистки воды от ионов меди, цинка и кадмия.

Ключевые слова: сорбент, сорбция, тяжелые металлы, медь, цинк, кадмий, очистка воды

EXTRACTION OF COPPER, ZINC AND CADMIUM IN WATER SOLUTIONS OF OIL FIELDS SORBENT RECEIVED ON THE BASIS OF MOLDS ASTRAKHAN REGION

Shachneva Yevgeniya Yu.

C.Sc. in Chemistry, Associate Professor
Astrakhan State University
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Archibasova Darya Ye.

Student
Astrakhan State University
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Magomedova Elvira M.

Student
Astrakhan State University
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Zukhayraeva Ayshat S.

Student
Astrakhan State University
1 Shaumyana sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation
E-mail: evgshachneva@yandex.ru

Retrieved new modified sorbent (SV-1-A) on the basis of molds Astrakhan region, representing a unique absorber. This absorber can remove acid gases, heavy metals, various organic and inorganic compounds from the air and water, without causing harm to human health. The introduction in the composition of the mixture components of pyrolusite will oxidize as low molecular weight organic and inorganic compounds. And the presence of sodium chloride solution allows you to get a micro-porous structure. The main physico-chemical and adsorption-structural characteristics the obtained sorbent: porosity sorbent on from acetone, total volume of the pore water, moisture content, pH water suspension, bulk density, abrasion, as well as the specific surface through to study the adsorption of isopropanol from the solutions of different concentrations. The modified sorbent (SV-1-A)

on the basis of a molding of the Astrakhan region is received and investigated. Adsorption of ions of metals (copper, zinc and cadmium) on SV-1-A sorbent is studied. Comparative studying of sorption of metals on a considered sorbent is carried out. Isotherms of static sorption of ions of metals from water solutions are studied, change of an enthalpy (ΔH), isobaric and isothermal potential (ΔG) and entropy (ΔS) of sorption are calculated. Calculated kinetics of sorption of ions of copper, zinc and cadmium in water solutions. The results may be used for purification of water from ions of copper, zinc and cadmium.

Keywords: sorbent, sorption, heavy metals, copper, zinc, cadmium, water purification

Для химического анализа жидких сред часто применяются аналитические методы, позволяющие сочетать в себе не только сорбционное концентрирование элементов, но и их последующее определение в твердой фазе с помощью химических реагентов различных классов. Весьма интересен для исследователя является сорбционно-фотометрический метод, получивший достаточно широкое применение благодаря избирательному концентрированию и непосредственному определению компонентов. Все это дает возможность повысить эффективность определения компонентов. В работе рассмотрена адсорбция тяжелых металлов на сорбенте СВ-1-А. В ходе исследований получены изотермы статической сорбции веществ из водных растворов. Рассчитаны основные термодинамические характеристики сорбции. Изученный сорбент можно использовать для получения питьевой воды в сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также в хозяйственно-технических целях [4, 11, 15].

Экспериментальная часть

Опоки Астраханской области представляют собой уникальный поглотитель, способный удалять кислые газы, тяжелые металлы, различные органические и неорганические соединения из воздуха и воды, не нанося вред здоровью человека. В связи с этим возникла необходимость создания сорбента, который бы не только поглощал вещества по всему объему, но и при этом сохранял бы уникальные сорбционные свойства. Для создания сорбента с большим числом микропор в смесь «опока – портландцемент–500 – пиролюзит» вносили раствор хлорида натрия. Это позволило бы поглощать из водных растворов ряд ионов металлов и органических соединений. Введение же пиролюзита позволило бы получить сорбент, который окислял бы как низкомолекулярные органические, так и неорганические соединения. Выбор окислителя обусловлен тем, что пиролюзит (MnO_2) представляет собой природный минерал, обладающий высокой окислительной активностью, а также, что является немаловажным фактором, низкой себестоимостью [15].

Способ получения сорбента. К 100 г тонкоизмельченной опоки с размерами частиц около 0,01 мм в поперечнике (месторождение с. Каменный Яр Астраханской области) вносят 100 г портландцемента–500, 10 г тонкоизмельченного пиролюзита (MnO_2), 25 см³ 10 %-ного раствора хлорида натрия. Полученную смесь тщательно перемешивают. Массе дают подсохнуть до состояния, когда из нее можно сформовать гранулы. Высушивают при температуре 100–105 °С. Далее дают изделию отвердеть, на что уходит 3–4 суток. Полученный материал выдерживают в воде до тех пор, пока реакция на хлорид-ион будет отрицательной и высушивают при температуре 100–105 °С [1, 15].

Исследование основных физико-химических свойств сорбента СВ-1-А предполагало несколько этапов: определение пористости сорбента по ацетону, суммарного объема пор сорбента по воде ($V_{\text{сум}}$), содержания влаги в сорбенте и pH водной суспензии сорбента (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические характеристики сорбента СВ-1-А

Диаметр частиц, мм	pH водной суспензии	$V_{\text{сум}}$ пор по воде $\times 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	Содержание влаги, %	Пористость по ацетону, %
0,001–20	7,0	0,95	1,0	40

Изучение адсорбционно-структурных характеристик рассматриваемого сорбента (СВ-1-А) включало определение насыпной плотности, истираемости, а также удельной поверхности путем исследования адсорбции изопропанола из растворов различной концентрации (табл. 2).

Таблица 2

Адсорбционно-структурные характеристики сорбента СВ-1-А

Диаметр частиц, мм	Удел. поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	Насыпная плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	Истираемость, %
0,001–20	840	0,88	0,45

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: сорбент СВ-1-А имеет достаточно большую удельную поверхность. Это обусловливается наличием развитой микропористой структуры. Высказанное предположение дает возможность считать, что рассматриваемый сорбент можно использовать для сорбции как неорганических веществ, тяжелых металлов, таких как кадмий, медь и цинк, так и для органических молекул, например, поверхностно-активных веществ, имеющих частицы довольно больших размеров.

Значения насыпной плотности соизмеримы со значениями аналогичного параметра уже известных аналогов. А также в несколько раз превышают значения параметров сорбентов применяемых в процессах очистки. Все это позволяет сделать вывод о том, что частицы сорбента СВ-1-А – это прочные образования, сохраняющие свой размер и форму при перемешивании, истирании и механических воздействиях. Полученный сорбент обладает высокой прочностью и не распадается при транспортировке.

Построение градуировочного графика. В серию из 10 пробирок объемом 20 см^3 вносили возрастающее количество раствора соли металла (0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; $5,0 \text{ см}^3$) с концентрацией $1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$. К полученным растворам прибавляли по 4 см^3 раствора органического реагента ПАР (4-(2-пиридилазо)резорцина) концентрацией $1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ и доводили объемы растворов дистиллированной водой до 20 см^3 . Полученные растворы перемешивали и измеряли оптические плотности растворов в кювете толщиной 0,5 см относительно воды. По результатам измерений производили построение градуировочных графиков (рис. 1–3).

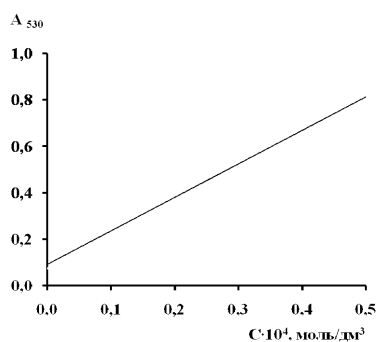


Рис. 1. Градуировочный график для определения концентрации кадмия

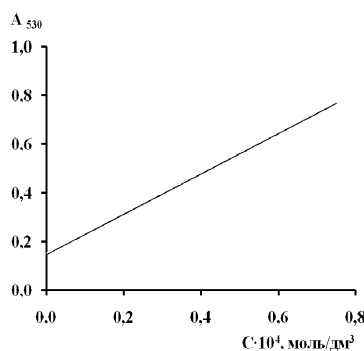


Рис. 2. Градуировочный график для определения концентрации меди

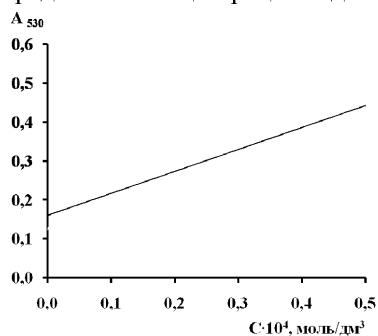


Рис. 3. Градуировочный график для определения концентрации цинка

Изучение адсорбции ионов кадмия, меди и цинка на сорбенте СВ-1-А. В серию из 10 градуированных пробирок объемом 10 см³ вносили возрастающее количество раствора соли металла (0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0 см³) с концентрацией 1 · 10⁻³ М, прибавляли необходимое количество дистиллированной воды (до 10 см³). В полученные растворы добавляли по 1 г сорбента. Встряхивали 3 мин, отстаивали, центрифугировали при 3000 об./мин. Полученные после центрифугирования растворы декантировали. Вносили по 4 см³ раствора органического реагента ПАР (4-(2-пиридилазо)резорцина) и доводили объем полученных растворов до 20 см³. Растворы перемешивали и производили измерение оптических плотностей растворов в кювете толщиной 0,5 см относительно воды. Опыты проводили при трех температурах (277, 298, 313 К) [3]. Результаты исследований представляли в виде графических зависимостей оптической плотности от концентрации металла.

На основании градуировочных графиков производили определение равновесных концентраций исследуемых веществ. С учетом этих концентраций осуществляли построение изотерм сорбции в координатах «сорбция (Г) – равновесная концентрация [с]». Расчет величины адсорбции (Г) проводили согласно уравнению (1):

$$Г = \frac{(C_0 - [C]) \cdot M \cdot V}{1000 \cdot m}, \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация сорбата, моль/дм³; $[C]$ – остаточная (равновесная) концентрация сорбата, моль/дм³; M – молярная (или атомная) масса сорбата, г/моль; V – объем исследуемого раствора, см³; m – масса сорбента, г.

Полученные в ходе исследований изотермы сорбции были перерасчитаны в изотермы уравнения Ленгмюра. На основании этих уравнений были получены значения основных термодинамических параметров сорбции, а также значения констант сорбции (K) и величин предельной сорбции (Γ_{∞}) при трех температурах (277, 298 и 313 К) (2–4):

$$\Delta H = \frac{RT_i T_k \ln \frac{K_i}{K_k}}{T_i - T_k}, \quad (2)$$

$$\Delta G_i = -RT_i \ln K_i, \quad (3)$$

$$\Delta S_i = \frac{\Delta H - \Delta G_i}{T_i}, \quad (4)$$

Результаты опытных данных, полученных в ходе исследований, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные характеристики процесса сорбции ионов кадмия, меди и цинка на сорбенте СВ-1-А (n = 6, P = 0,95, t_p = 2,57)

Определяемая характеристика	Температура, К	Металлы		
		Cd (II)	Cu (II)	Zn (II)
Константы сорбции 10 ⁻²	277	0,11	0,55	1,56
	298	0,15	0,60	1,66
	313	0,20	0,63	1,70
-ΔG, кДж/моль	277	12,72	21,25	26,78
	298	15,45	23,36	29,20
	313	17,95	24,82	30,78
-ΔH, кДж/моль		8,31	4,93	7,64
-ΔS, Дж·моль/К	277	15,92	58,92	69,05
	298	23,98	61,85	72,34
	313	30,80	63,55	73,92
Емкость сорбента (Γ _∞), мг/г	277	33,30	20,00	5,00
	298	40,00	33,33	6,67
	313	50,00	50,00	10,00

Согласно полученным результатам можно сделать заключение о том, что сорбционные процессы протекают достаточно активно. А полученные в ходе исследований значения основных термодинамических характеристик сорбции, таких как изобарно-изотермический потенциал и энтальпия, свидетельствуют о самопроизвольном характере процесса сорбции и образовании прочных адсорбционных комплексов. При этом емкость сорбента по отношению к кадмию, меди и цинку является достаточно высокой, что в дальнейшем позволит извлекать из воды большие количества металлов в широком диапазоне температур.

Изучение кинетики сорбции ионов кадмия, меди, цинка на сорбенте СВ-1-А. В колбу на 500 см³ вносили 20 см³ раствора металла с концентрацией 1·10⁻³ М. Доводили объем раствора до 500 см³ дистиллированной водой. В полученный раствор добавляли 20 г мелкораздробленного сорбента, одновременно включали секундомер, быстро перемешивали смесь. Через определенные промежутки времени производили отбор проб мутного раствора, отфильтровывали через стеклянный фильтр или центрифугировали их. Отбор проб проводили

через определенные промежутки времени до 10 мин. Полученные растворы исследовали при температурах 298, 277 и 313 К.

В осветленные растворы вносили по 4 см³ раствора органического реагента ПАР (4-(2-пиридилазо)резорцина) с концентрацией 1·10⁻³ М, полученные растворы перемешивали и измеряли оптические плотности растворов в кювете толщиной 0,5 см относительно воды. По величинам оптической плотности были построены изотермы кинетики сорбции в координатах «оптическая плотность (А) – время (τ)» (рис. 4–6).

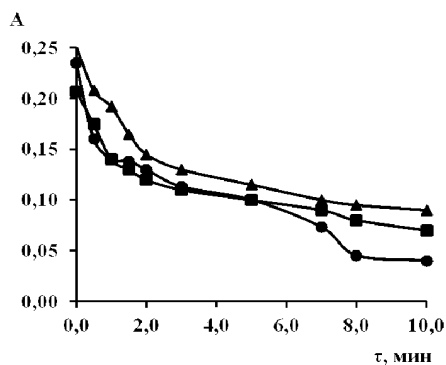


Рис. 4. Изотермы кинетики сорбции ионов кадмия сорбентом СВ-1-А: – Δ – 277 К; – □ – 298 К; – ○ – 313 К

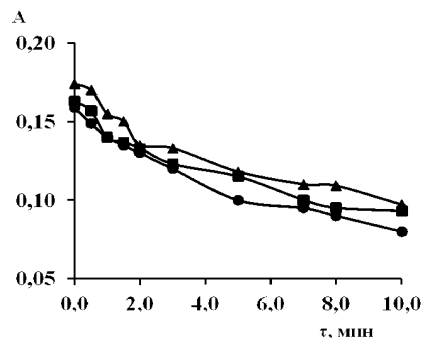


Рис. 5. Изотермы кинетики сорбции ионов меди сорбентом СВ-1-А: – Δ – 277 К; – □ – 298 К; – ○ – 313 К

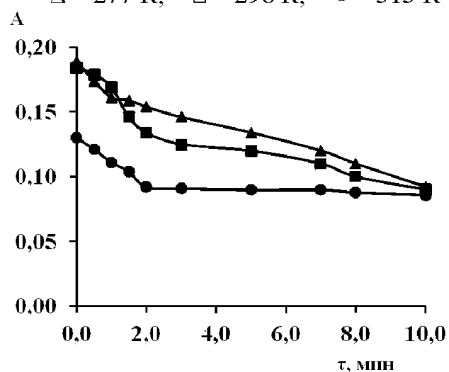


Рис. 6. Изотермы кинетики сорбции ионов цинка сорбентом СВ-1-А: – Δ – 277 К; – □ – 298 К; – ○ – 313 К

По результатам исследований рассчитывали значения констант кинетики сорбции ионов тяжелых металлов на сорбенте СВ-1-А при температурах 277, 298 и 313 К:

$$K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{A_0}{A_t}, \quad (5)$$

где A_0 – исходная оптическая плотность; A_t – оптическая плотность раствора в момент времени t ; τ – время, с.

На основании графиков Аррениуса в координатах « $\ln K - 1/T$ » рассчитывали величины энергии активации кинетики сорбции ($E_{акт}$), а также измене-

ние энтропии образования сорбционных комплексов ($\Delta S^\#$) с использованием уравнения Эйринга:

$$\ln PZ_0 = 10,36 + \ln T + \frac{\Delta S^\#}{R}, \quad (6)$$

где PZ_0 – предэкспоненциальный фактор, $\Delta S^\#$ – изменение энтропии активации формирования активированного комплекса, R – газовая постоянная, T – температура.

Результаты опытных данных, полученных в ходе исследований, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Термодинамические характеристики кинетики сорбции ионов кадмия, меди и цинка на сорбенте СВ-1-А (n=6, P=0,95, t_p=2,57)

Определяемая характеристика	Температура, К	Металлы		
		Cd (II)	Cu (II)	Zn (II)
Константы скоростей $K \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$ при температурах, К	277	21,43	8,20	7,82
	298	22,36	8,1	9,87
	313	32,26	9,63	10,65
$E_{\text{акт}}$, кДж/моль	В пределах от 277 до 313 К	9,14	5,40	7,73
$-\Delta S^\#$, Дж/моль·К	277	1,79	1,64	2,04
	298	1,93	1,65	2,05
	313	1,94	1,66	2,06

Время установления сорбционного равновесия необходимо для характеристики и описания равновесных процессов. Как видно из результатов опытов, сорбция протекает достаточно быстро и заканчивается за три минуты. Это позволяет сделать вывод о том, что сорбат практически полностью сорбируется на сорбенте. Величины энтропии активации формирования активированного комплекса позволят предположить возможный механизм сорбции ионов тяжелых металлов на рассматриваемом сорбенте.

Результаты очистки воды от ионов кадмия, меди, цинка с использованием сорбента СВ-1-А. В ходе исследований были проведены опыты по очистке воды от ионов тяжелых металлов (кадмия, меди, цинка) с использованием сорбента СВ-1-А. Загрязнители вносили в исходную воду в количествах, указанных в таблице 5. Эффективность очистки была рассчитана с использованием следующей формулы [2, 5–7, 9, 10, 12–15]:

$$\mathcal{E} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\%, \quad (7)$$

где \mathcal{E} – эффективность очистки, %; C_0 – исходная концентрация, моль/дм³; C – остаточная концентрация, моль/дм³.

Результаты расчетов эффективности очистки воды от ионов тяжелых металлов (кадмия, меди и цинка) на сорбенте СВ-1-А приведены в таблице 5.

Таблица 5

**Эффективность очистки воды от ионов кадмия, меди и цинка сорбентом
СВ-1-А (n=6, P=0,95, t_p=2,57)**

Металл	Исходная концентрация 10 ⁴ , моль/дм ³	Концентрация после сорбции 10 ⁴ , моль/дм ³			Эффективность очистки, %		
		Температура, К			277	298	313
		277	298	313			
Cd (II)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,05	0,010	0,010	0,010	80,00	80,00	80,00
	0,10	0,090	0,040	0,030	79,00	70,00	80,00
	0,25	0,150	0,100	0,100	88,00	84,00	88,00
	0,50	0,210	0,160	0,150	91,80	88,00	92,00
	0,75	0,260	0,220	0,190	92,53	90,67	93,33
	1,00	0,280	0,250	0,220	93,00	92,00	94,00
	1,25	0,300	0,270	0,240	93,60	92,80	94,40
	1,50	0,320	0,290	0,250	94,00	93,33	94,67
Cu (II)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,05	0,01	0,01	0,01	80,00	80,00	80,00
	0,10	0,03	0,02	0,01	80,00	80,00	80,00
	0,25	0,10	0,09	0,01	88,00	84,00	88,00
	0,50	0,28	0,15	0,02	90,00	89,00	91,00
	0,75	0,52	0,25	0,05	91,33	90,67	92,00
	1,00	0,70	0,40	0,07	92,00	91,50	93,00
	1,25	0,85	0,60	0,08	92,00	91,20	93,60
	1,50	0,88	0,72	0,12	92,67	92,00	94,00
Zn (II)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,05	0,03	0,02	0,015	84,00	84,00	82,00
	0,10	0,06	0,05	0,05	90,00	90,00	89,00
	0,25	0,19	0,15	0,12	95,60	96,00	95,20
	0,50	0,32	0,3	0,22	97,60	97,80	97,00
	0,75	0,39	0,35	0,32	98,27	98,33	96,67
	1,00	0,41	0,38	0,35	98,00	98,70	95,00
	1,25	0,43	0,40	0,38	98,08	98,40	93,60
	1,50	0,47	0,41	0,39	98,33	98,47	94,00
2,50	0,50	0,45	0,41	98,80	99,00	96,00	

Таким образом, сорбент СВ-1-А можно использовать для сорбционной очистки воды от тяжелых токсичных металлов, таких как кадмий, медь и цинк. Как видно из данных таблицы 5, они достаточно эффективно удаляют ионы металлов из водных растворов со степенью очистки до 99 %. Все это позволяет предположить возможный механизм адсорбции ионов тяжелых металлов на полученном сорбенте.

При этом электронное строение твердого тела и адсорбирующихся на нем частиц играет определяющую роль при обсуждении возможного механизма сорбции веществ. В сорбционных методах концентрирования, основанных на поглощении растворенных веществ твердыми поглотителями, представлены разнообразные механизмы сорбции, такие как, адсорбция, абсорбция, хемо-

сорбция и капиллярная конденсация. Эти механизмы обычно сочетаются друг с другом на практике. При концентрировании тяжелых металлов обычно наиболее распространены адсорбционные и хемосорбционные методы. Полученный сорбент обладает высокой сорбционной способностью по отношению к ионам металлов. Поэтому можно предположить, что сорбция осуществляется за счет образования химических связей между сорбентом и сорбатом. То есть имеет место хемосорбция катиона металла. Хемосорбция катиона металла протекает по донорно-акцепторному механизму с образованием ковалентной связи и/или в результате диполь-дипольного взаимодействия между катионом металла и сорбентом [3, 8, 15]. Опoki Астраханской области и модифицированные сорбенты на их основе, такие как сорбент СВ-1-А, содержат активные центры и группировки атомов, позволяющие прохождение сорбционных процессов по различным механизмам.

Результаты, полученные в ходе исследования, однозначно свидетельствуют о высокой эффективности использования модифицированного сорбента (СВ-1-А). Этот сорбент был создан на основе опок Астраханской области для очистки воды от тяжелых токсичных металлов, таких как кадмий, медь или цинк. Для очистки возможно использование воды из сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также полученную в ходе промышленного использования. Все это только может подтвердить предположение о возможном использовании модифицированных сорбентов, полученных на основе природных образований, таких как опoki Астраханской области, что позволит разрешить ряд экологических проблем.

Список литературы

1. Арчибасова Д. Е. Способ получения сорбента для очистки воды / Д. Е. Арчибасова, Э. А. Тимошадченко // Экология России и сопредельных территорий : материалы XVII Международной экологической студенческой конференции с элементами научной школы. – Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2012. – С. 206–207.
2. Шачнева Е. Ю. Адсорбция кадмия из водных растворов на модифицированных сорбентах / Е. Ю. Шачнева, Н. М. Альков, Д. Е. Арчибасова // Техника и технология пищевых продуктов. – 2012. – № 4. – С. 171–176.
3. Шачнева Е. Ю. Адсорбция меди и цинка из водных растворов активными углями / Е. Ю. Шачнева, А. С. Зухайраева, Э. М. Магомедова // Наука Красноярья. – 2013. – № 1. – С. 199–214.
4. Шачнева Е. Ю. Извлечение кадмия из водных растворов нефтяных месторождений модифицированными сорбентами / Е. Ю. Шачнева, Н. М. Альков, Д. Е. Арчибасова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3. – С. 114–123.
5. Шачнева Е. Ю. Изучение адсорбции ионов кадмия, меди, цинка из водных растворов активными углями / Е. Ю. Шачнева, Д. Е. Арчибасова, Э. М. Магомедова, А. С. Зухайраева // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследование, инновации и технологии : материалы VII Международной научной конференции. – Астрахань : Астраханский университет, 2013. – С. 113–118.
6. Шачнева Е. Ю. Изучение условий сорбции ионов кадмия модифицированными сорбентами / Е. Ю. Шачнева, Д. Е. Арчибасова // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследование, инновации и технологии : материалы VII Международной научной конференции. – Астрахань : Астраханский университет, 2013. – С. 107–113.
7. Шачнева Е. Ю. Использование сорбента СВ-1-А для очистки воды от флокулянтов / Е. Ю. Шачнева, Н. М. Альков // Естественные науки. – 2009. – № 4 (29). – С. 158–167.
8. Шачнева Е. Ю. Исследование механизма сорбции флокулянтов и поверхностно-активных веществ на сорбенте СВ-1-А / Е. Ю. Шачнева, Н. М. Альков // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии : материалы VIII Всероссийской интерактивной (с международным участием) конференции молодых ученых. – Саратов : Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, 2011. – С. 29–31.

9. Шачнева Е. Ю. Концентрирование и определение ионов кадмия, меди, цинка и свинца / Е. Ю. Шачнева, Д. Е. Арчибасова, А. С. Зухайраева, Э. М. Магомедова, Э. А. Тимопадченко // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология – 2013) : материалы X Международной научной конференции. – Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет, 2013. – С. 334–338.

10. Шачнева Е. Ю. Очистка природных и сточных вод от ионов меди / Е. Ю. Шачнева, Э. М. Магомедова // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследование, инновации и технологии : материалы VII Международной научной конференции. – Астрахань : Астраханский университет, 2013. – С. 96–99.

11. Шачнева Е. Ю. Поверхностно-активные вещества в объектах окружающей среды. Методы очистки сточных вод / Е. Ю. Шачнева. – Германия : Lambert. Academic Publishing, 2013. – 65 с.

12. Шачнева Е. Ю. Способ получения сорбента для очистки воды / Е. Ю. Шачнева, Д. Е. Арчибасова // Исследование молодых ученых – вклад в инновационное развитие России : материалы Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский инженерно-строительный институт, 2012. – С. 8–11.

13. Шачнева Е. Ю. Способы очистки природных и сточных вод от ионов цинка / Е. Ю. Шачнева, А. С. Зухайраева // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследование, инновации и технологии : материалы VII Международной научной конференции. – Астрахань : Астраханский университет, 2013. – С. 90–94.

14. Шачнева Е. Ю. Удаление кадмия из водных растворов модифицированными сорбентами / Е. Ю. Шачнева // Инновационные процессы в области химико-педагогического и естественно-научного образования : материалы II Международной научно-практической конференции. – Оренбург : Оренбургский государственный педагогический университет, 2012. – С. 24–27.

15. Шачнева Е. Ю. Физико-химия адсорбции флокулянтов и синтетических поверхностно-активных веществ на сорбенте СВ-1-А : дис. ... канд. хим. наук / Е. Ю. Шачнева. – Астрахань : Астраханский университет, 2011. – 139 с.

References

1. Archibasova D. Ye., Timoshadchenko E. A. Sposob polucheniya sorbenta dlya ochistki vody [Method of sorbent for water treating]. *Ekologiya Rossii i sopredelnykh territoriy : materialy XVII Mezhdunarodnoy ekologicheskoy studencheskoy konferentsii s elementami nauchnoy shkoly* [Ecology of Russia and Contiguous Territories. Proceedings of XVII International Ecological Student's Conference with Elements of a Scientific School], Novosibirsk, Novosibirsk State University Publ. House, 2012, pp. 206–207.

2. Shachneva Ye. Yu., Alykov N. M., Archibasova D. Ye. Adsorbtsiya kadmiya iz vodnykh rastvorov na modifitsirovannykh sorbentakh [Adsorption of cadmium from aqueous solutions on modified sorbents]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh produktov* [Technics and technologies of food production], 2012, no. 4, pp. 171–176.

3. Shachneva Ye. Yu., Zukhayraeva A. S., Magomedova E. M. Adsorbtsiya medi i tsinka iz vodnykh rastvorov aktivnymi uglyami [Adsorption of copper and zinc from water solutions of active coals]. *Nauka Krasnoyarska* [Science of Krasnoyarsk], 2013, no. 1, pp. 199–214.

4. Shachneva Ye. Yu., Alykov N. M., Archibasova D. Ye. Izvlechenie kadmiya iz vodnykh rastvorov neftyanykh mestorozhdeniy modifitsirovannyimi sorbentami [Recovery of cadmium from water solutions oil fields of modified sorbents]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3, pp. 114–123.

5. Shachneva Ye. Yu., Archibasova D. Ye., Magomedova E. M., Zukhayraeva A. S. Izuchenie adsorbtsii ionov kadmiya, medi, tsinka iz vodnykh rastvorov aktivnymi uglyami [Study of adsorption of ions of cadmium, copper, zinc from water solutions of active coals]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy polucheniya novykh materialov: issledovanie, innovatsii i tekhnologii : materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Fundamental and Applied Problems of New Materials: Research, Innovation and Technology. Proceedings of VII International Scientific Conference], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2013, pp. 113–118.

6. Shachneva Ye. Yu., Archibasova D. Ye. Izuchenie usloviy sorbtsii ionov kadmiya modifitsirovannyimi sorbentami [Study of the conditions of sorption of ions of cadmium modified sorbents]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy polucheniya novykh materialov: issledovanie, innovatsii i tekhnologii : materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Fundamental and Applied Problems of New Materials: Research, Innovation and Technology. Proceedings of VII International Scientific Conference], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2013, pp. 107–113.

7. Shachneva Ye. Yu., Alykov N. M. Ispolzovanie sorbenta CV-1-A dlya ochistki vody ot flokulyantov [Use of sorbent SV-1-A for water treating from flokulyanty]. *Yestestvennye nauki* [Natural Sciences], 2009, no. 4 (29), pp. 158–167.

8. Shachneva Ye. Yu., Alykov N. M. Isledovanie mekhanizma sorbtzii flokulyantov i poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na sorbente SV-1-A [Research of the mechanism of sorption of flocculants and surfactants on the sorbent SV-1-AND]. *Sovremennye problemy teoreticheskoy i eksperimentalnoy khimii : materialy VIII Vserossiyskoy interaktivnoy (s mezhdunarodnym uchastiem) konferentsii molodykh uchenykh* [Modern Problems of Theoretical and Experimental Chemistry. Proceedings of VIII All-Russian Online Conference of Young Scientists], Saratov, Saratov State University Publ. House, 2011, pp. 29–31.

9. Shachneva Ye. Yu., Archibasova D. Ye., Zukhayraeva A. S., Magomedova E. M., Timoshadchenko E. A. Kontsentrirovaniye i opredeleniye ionov kadmiya, medi, tsinka i svintsya [Preconcentration and determination of ions of cadmium, copper, zinc and lead]. *Nauka, obrazovanie, proizvodstvo v reshenii ekologicheskikh problem (Ekologiya – 2013) : materialy X Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Science, Education, Production in Solving Environmental Problems. Proceedings of X International Scientific Conference], Ufa, Ufa State Aviation Technical University Publ. House, 2013, pp. 334–338.

10. Shachneva Ye. Yu., Magomedova E. M. Ochistka prirodnykh i stochnykh vod ot ionov medi [Cleaning of natural and waste water from ions of copper]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy polucheniya novykh materialov: issledovanie, innovatsii i tekhnologii : materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Fundamental and Applied Problems of New Materials: Research, Innovation and Technology. Proceedings of VII International Scientific Conference], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2013, pp. 96–99.

11. Shachneva Ye. Yu. *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva v obektakh okruzhayushchey sredy. Metody ochistki stochnykh vod* [Surface-active substances and flokulyants in the objects of the environment. Wastewater treatment methods], Germany, Lambert. Academic Publ. House, 2013. 65 p.

12. Shachneva Ye. Yu., Archibasova D. Ye. Sposob polucheniya sorbenta dlya ochistki vody [Way sorbent for water treating]. *Issledovanie molodykh uchenykh – vklad v innovatsionnoye razvitiye Rossii (Innovatsii i tekhnologii Prikaspiya : Vserossiyskaya molodezhnaya konferentsiya) : materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Research of Young Scientists – Contribution to Innovation Development of Russia. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference], Astrakhan, Astrakhan Institute of Civil Engineering Publ. House, 2012, pp. 8–11.

13. Shachneva Ye. Yu., Zukhayraeva A. S. Sposoby ochistki prirodnykh i stochnykh vod ot ionov tsinka [Methods of natural and waste water purification from zinc ions]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy polucheniya novykh materialov: issledovanie, innovatsii i tekhnologii : materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Fundamental and Applied Problems of New Materials: Research, Innovation and Technology. Proceedings of VII International Scientific Conference], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2013, pp. 90–94.

14. Shachneva Ye. Yu. Udalenie kadmiya iz vodnykh rastvorov modifitsirovannymi sorbentami [Removal of cadmium from water solutions of modified sorbents]. *Innovatsionnyye protsessy v oblasti khimiko-pedagogicheskogo i estestvenno-nauchnogo obrazovaniya : materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative Processes in the Field of Chemical and Pedagogical and Natural and Scientific Education. Proceedings of II International Scientific and Practical Conference], Orenburg, Orenburg State Pedagogical University Publ. House, 2012, pp. 24–27.

15. Shachneva Ye. Yu. *Fiziko-khimiya adsorbtsii flokulyantov i sinteticheskikh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na sorbente SV-1-A* [Physico-chemistry of adsorption of water and synthetic surface-active substances on sorbent material of SV-1-A], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2011. 139 p.