

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

2 (70)

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2020 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2020

Э. А. КАМБАРОВА¹, Н. А. БЕКТЕНОВ¹, М. А. ГАВРИЛЕНКО²

¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая,
Алматы, Республика Казахстан.

²Томский политехнический университет, Томск, Россия

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ШУНГИТОВ ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИНОМ И ЭПОКСИДНОЙ СМОЛОЙ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ СВИНЦА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Разработка эффективных и недорогих сорбентов широкого профиля является актуальной проблемой. В связи с этим необходимо применение новых модифицированных ионообменников используемых для очистки сточных вод и контроль за содержанием различных веществ в окружающей среде.

Для повышения сорбционных характеристик производят модифицирование. Модифицирование сорбентов с улучшенными сорбционными и кинетическими характеристиками имеют большие перспективы, такие как высокопроницаемые сетчатые полиэлектролиты, обладающие большой скоростью поглощения ионов крупных размеров, ценных физико-химических свойств, является дешевые природные минералы модифицированные полиэтиленполиамином и эпоксидными смолами с целью получения реакционноспособных сополимеров с эпоксидными группами, способных участвовать в реакциях отверждения в присутствии соединений кислот и основной природы. Разработаны новые сорбенты на основе Коксуйского природного шунгита, модифицированного полиэтиленполиамином и эпоксидной смолой, для сорбции ионов свинца. Рассчитаны равновесные и кинетические параметры сорбции, определены оптимальные условия очистки воды в статических условиях. Определены сорбционные свойства природного шунгита и ее модифицированной полиэтиленполиамином (ПЭПА) и эпоксидной смолой (ЭД-20) формы по отношению к иону Pb^{2+} от pH среды, от времени контакта и концентрации раствора. Сорбционная емкость в статичных условиях составляет 0,45 мг/г сорбента. Исследования обусловлено необходимостью очистки сточных вод металлургических предприятий от ионов Pb^{2+} . Соединения свинца относятся к вредным веществам, проявляющим мутагенные, канцерогенные свойства. Модифицированный природный шунгит может быть использован в качестве сорбционного материала для очистки промышленных и сточных вод.

Ключевые слова: шунгит, сорбция, ионы свинца, полиэтиленполиамин, эпоксидная смола.

Среди многочисленных химических веществ, загрязняющих объекты окружающей среды, тяжелые металлы представляют приоритетный интерес. Одним из таких элементов является свинец в форме Pb^{2+} , содержание которого нормируется в воде на уровне ПДК 0.1–0.5 мкг/л по рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [1]. Около 70 % свинца, циркулирующего в окружающей среде, имеет техногенное происхождение. Широкомасштабное применение свинец находит в химической промышленности, кроме того, его показатели достигают критических значений в отвалах

горнохимических производств, из которых ионы попадают в поверхностные водоемы, затем накапливаются в воде и почве в виде малорастворимых комплексов [2–5]. Для предотвращения накопления ионов свинца в растениях и, впоследствии, животных на стадии существования Pb^{2+} используют адсорбционные методы очистки воды на различных сорбентах [6]. Поскольку наиболее распространенным технологическим процессом очистки является адсорбция в неподвижных отстойниках, то недорогие разновидности модифицированных углей, силикагелей различной природы, цеолиты и пористые полимерные матрицы на сегодняшний день являются наиболее часто используемыми адсорбентами [7,8].

Существует ряд сообщений об использовании шунгита в качестве природного сорбента [9], начиная с карельских шунгитов, которые до недавнего времени считались единственно известными месторождениями этого минерала [13]. Шунгитовая порода также известна как единственная природная среда, которая содержит фуллерены, сходные с синтетическими [10-12]. Впоследствии шунгитные углеродистые минералы обнаружены в золоторудных породах Восточного Казахстана [14], в Алматинской области «Коксуйское месторождение» с подтверждённым запасом 49 млн. т. В настоящее время интенсивно проводится исследование физико-химических свойств казахстанских шунгитов, например, использование их уникальных свойств в качестве сорбентов в медицинских целях [15]. Актуально применение шунгита для очистки и обеззараживания сточных вод [16]. Проведена сравнительная сорбция красителей, фенола, пиридина и бензойной кислоты из водных растворов, шунгитами, антрацитом и графитированной термической сажей. Показано, что модифицированный шунгитовый сорбент позволяет производить доочистку более 200 объемов водного раствора с исходной концентрацией фенола 0,1 мг/л до уровня ПДК вод рыбохозяйственного назначения. Эффект локальной сорбционной очистки сильнозагрязненных сточных вод от токсичных соединений шунгитами составляет 80-100%. Благодаря особым физико-химическим свойствам углеродистого минерала питьевая вода очищается от ионов тяжелых металлов, красящих веществ, нормализуется значение pH. По другому способу вода очищается пропуском ее через дробленые природные минералы цеолита, кварца и шунгита [17]. Для повышения извлекающей способности и селективности минеральных сорбентов целесообразно их модифицировать поверхностно-активными веществами [18].

Аналитические методы определения ионов Pb^{2+} включают в себя использование пламенной и электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии, атомно-абсорбционной спектроскопии с графитовой печью (GFAAS), атомной индуктивно-связанной плазмой эмиссионной спектроскопии (ICP-AES) и масс-спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) [19,20]. Эти методы имеют достаточную чувствительность, однако некоторые из них очень дороги, и недоступны для обычной аналитической лаборатории. Низкие концентрации ионов свинца могут быть обнаружены методом флуоресцентной спектроскопии [21] с высокой степенью точности

и повторяемости, в короткое время анализа [22]. Для большинства методов низкий уровень токсичного присутствия металла не соответствует инструментальной чувствительности, что требует использования предварительного концентрирования на сорбентах. Наиболее эффективным по соотношению чувствительности аналитических характеристик и трудоемкости использования является спектрофотометрический метод [23,24]. Увеличить чувствительность данного вида анализа возможно за счет добавления селективного органического реагента, который переводит определяемый ион в хромогенное соединение. Именно таким способом в сочетании со спектрофотометрией определяют остаточные содержания ионов тяжелых металлов в воде после сорбционной очистки на различных материалах [25]. Объектом настоящих исследований являются сорбционные свойства Коксуйского природного шунгита модифицированного ПЭПА и ЭД-20 по отношению к иону Pb^{2+} от рН среды, от времени контакта и концентрации иона металла.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Модифицирование шунгита.

Коксуйский шунгит получен из месторождения Республики Казахстан, Алматинской области, в *Коксуском* районе. Перед модификацией предварительно минерал измельчали до диаметра зерен 0,4 мм. Для повышения извлекающей способности и селективности природного Коксуйского шунгит, сорбент модифицировали полиэтиленполиамином (ПЭПА, Россия, ТУ 2413-357-00203447-9920) и эпоксидной смолой (ЭД-20, Россия, ГОСТ 10587-84). К 100 г полученного шунгита порошка добавляли ЭД-20 массой 40 г до полного покрытия поверхности, затем небольшими порциями добавляли 10 г ПЭПА и перемешивали в течение 10 мин. Полученную массу выгружали в фарфоровые чашки и отверждали в сушильном шкафу в течение 12 ч при 120 °С. Затем массу вынимали и охлаждали при комнатной температуре в течение 10 ч. Полученную массу замачивали в диметилформамиде на 24 ч, после чего промывали до нейтральной среды. Образцы полученного модифицированного шунгита обрабатывали 5 % раствором HCl для регенерации хлоридной формы, затем, путем отмывки водой доводили до нейтральной рН и обрабатывали 5 % раствором NaOH. Полученный модифицированный шунгит сушили до постоянного веса в муфельной печи при 120 °С. Анионообменную емкость продукта (СОЕ, мг-экв/г) определяли в статических условиях по 0.1 Н раствору HCl [26].

Спектрофотометрическое определение остаточного содержания Pb^{2+} в растворе после сорбции связано с образованием комплексного соединения с сульфарсазеном желто-оранжевого цвета [27]. В работе использованы растворы 10 мг/л $Pb(NO_3)_2$, 0.05 М $Na_2B_4O_7$, 0.1 М HNO_3 , 0.1 М NaOH. Растворы исходных солей готовили по точной навеске, растворы меньших концентраций последовательным разбавлением исходных растворов непосред-

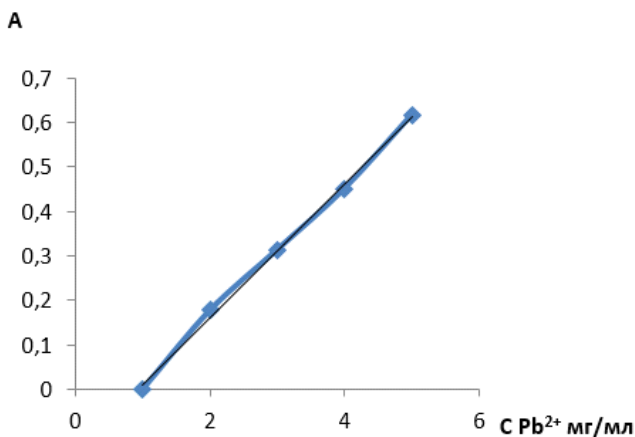


Рисунок 1 – Градуировочная зависимость для определения Pb²⁺ сульфарсазеном в водном растворе

ственно перед использованием. Раствор 0.05% сульфарсазена готовили растворением точной навески в 0.05 моль/л Na₂B₄O₇. Для всех растворов использована бидистиллированная вода.

Статическую сорбционную емкость сорбента (A) рассчитывали по формуле:

$$A(Pb^{2+}) = \frac{(C_{исх} - C_{равн})}{m} * V,$$

где A (Pb²⁺) – емкость сорбента, мг/г; C_{исх} и C_{равн} – исходная и равновесная (остаточная) концентрации ионов металлов в растворе соответственно, мг/л; V – объем раствора, л; m – масса сорбента, г.

Степень извлечения ионов металлов (E, %) рассчитывали по формуле:

$$E = \frac{(C_{исх} - C_{равн})}{C_0} 100\%,$$

где C_{исх} – исходная концентрация иона металла в растворе, мг/л; C_{равн} – равновесная (остаточная) концентрация иона металла в растворе, мг/л.

Спектрофотометрические измерения проводили на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония). Оптическую плотность измеряли при длине волны 530 нм в кюветах толщиной слоя 1 см. Для перемешивания использовали мультиротатор MultiBio RS-24 (BioSan, Латвия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучена сорбция ионов Pb²⁺ шунгитоми его модифицированными ПЭПА и ЭД-20 формами в интервале pH от 1,68 до 12,45. Количественное определение ионов свинца в водных растворах проводили по предварительно построенному градуированному графику (рисунок 1).

Исследование показало, что природный шунгит (ПШ) обладает одним максимумом СЕ в области сильноокислой среды, в то время как модифицированный шунгит (МШ) имеет два максимума СЕ, причем второй соответствует нейтральной среде (рисунок 2). Положение второго максимума МШ позволяет проводить очистку природных и сточных вод в обычных условиях без контроля рН среды. В щелочной среде наблюдается конкурентное образование гидроксильных комплексов ионов свинца.

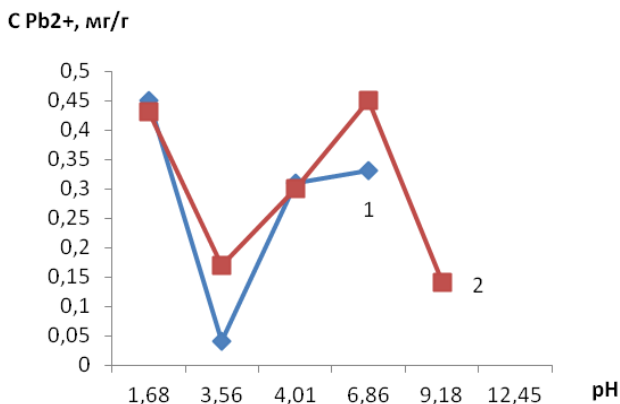


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика сорбции Pb²⁺ природного шунгита (1) и его модифицированной формы (2) в зависимости от рН среды

Продолжительность контакта сорбента с раствором Pb²⁺ влияет на степень извлечения (рисунок 3). С увеличением длительности контакта величина сорбции повышается, затем после 30 мин. По результатам модификации природного шунгита с ПЭПА и ЭД-20 доказано повышение сорбционной емкости к ионам Pb²⁺, что проявляется в изменении изотермы сорбции (рисунок 4).

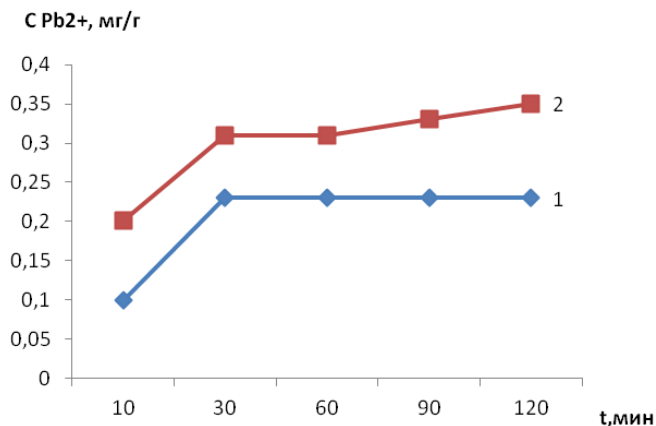


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика сорбции Pb²⁺ природного шунгита (1) и его модифицированной формы (2) при нейтральной среде в зависимости от времени контакта

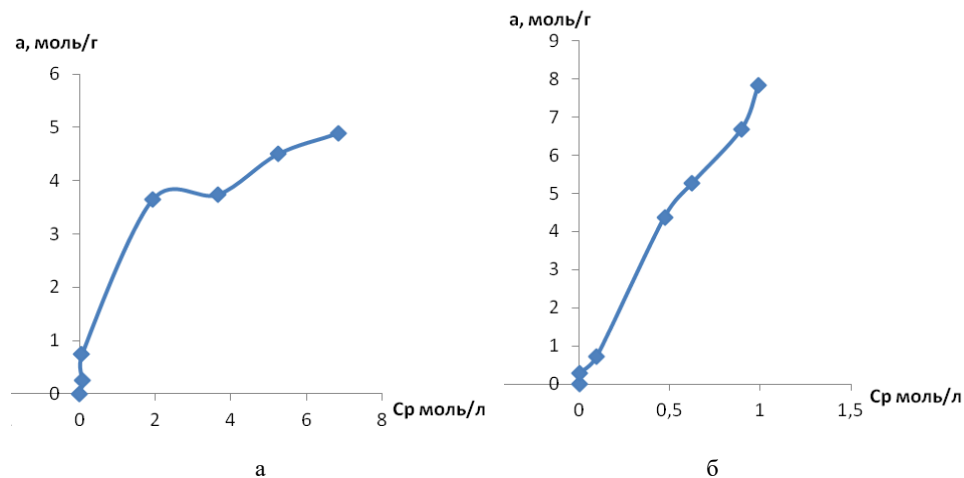


Рисунок 4 – Изотерма природного шунгита (а) и его модифицированной формы (б)

Ёмкость МФ по отношению к Pb^{2+} значительно выше по сравнению с ПШ. Количество сорбированного Pb^{2+} повышается с ростом концентрации исходного раствора. При концентрации Pb^{2+} в исходном растворе менее $0,01 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ достигнута практически полная сорбция Pb^{2+} . Изотерма сорбции МФ имеет L-образную форму. Для изотерм класса L характерны выгнутый относительно оси концентраций начальный участок, так как с увеличением доли занятых адсорбционных мест молекулам адсорбтива сложнее найти вакантное место, особенно если они склонны к образованию больших ассоциатов с повышением их концентрации в растворе за счет межмолекулярного взаимодействия. Как видно из графика, сорбция продолжается и после заполнения монослоя происходит насыщение адсорбционного слоя.

Изотерма сорбции ПШ имеет S-образную форму с вогнутым начальным участком. При возрастании концентрации сорбата в растворе увеличивается сорбционная ёмкость сорбента, что связано с изменением ориентации адсорбированных ионов Pb^{2+} относительно поверхности сорбента или с быстрым переходом к полимолекулярной адсорбции. Далее следует точка перегиба и появляется второе плато, что придает таким изотермам характерный S-образный вид. Причина заключается в сильном взаимодействии между адсорбированными ионами свинца Pb^{2+} при одновременном ослаблении взаимодействия ионов сорбата с поверхностью сорбента. В этом случае адсорбированные катионы Pb^{2+} стремятся расположиться на поверхности в виде скоплений, чему способствует монофункциональный характер сорбата.

Экспериментальные данные и параметры изотерм Ленгмюра для сорбции Pb^{2+} с образцами ПШ и МФ представлены в таблице и рисунке 5.

Графические и расчетные данные показывают возрастание сорбционной емкости модифицированного шунгита, что связано с увеличением количества функциональных групп на поверхности сорбента.

Экспериментальные данные сорбции Pb^{2+} с образцами природного шунгита и его модифицированной формы результаты их обработки

Модифицированная форма, C_s , моль/л	Модифицированная форма, C_s , моль/л	Модифицированная форма, a , моль/г	Уравнение Ленгмюра	
			$1/C_s$	$1/a$
0.05	0.00406	0.28427	246.3054	3.517782
0.1	0.09757	0.71474	10.24905	1.39911
0.25	0.4725	0.437601	2.116402	2.285187
0.5	0.62399	5.25609	1.60259	0.190255
0.75	0.8963	6.66817	1.115698	0.149966
1	0.99189	7.82417	1.008176	0.127809
Природный шунгит, C_s , моль/л	Природный шунгит, C_s , моль/л	Природный шунгит, a , моль/г	Уравнение Ленгмюра	
			$1/C_s$	$1/a$
0.05	0.06375	0.25442	15.68627	3.930509
0.1	0.05113	0.73796	19.55799	1.355087
0.25	1.92606	3.64923	0.519195	0.27403
0.5	3.6555	3.74031	0.27356	0.267358
0.75	5.2715	4.49775	0.189699	0.222333
1	6.85302	4.8936	0.145921	0.204349

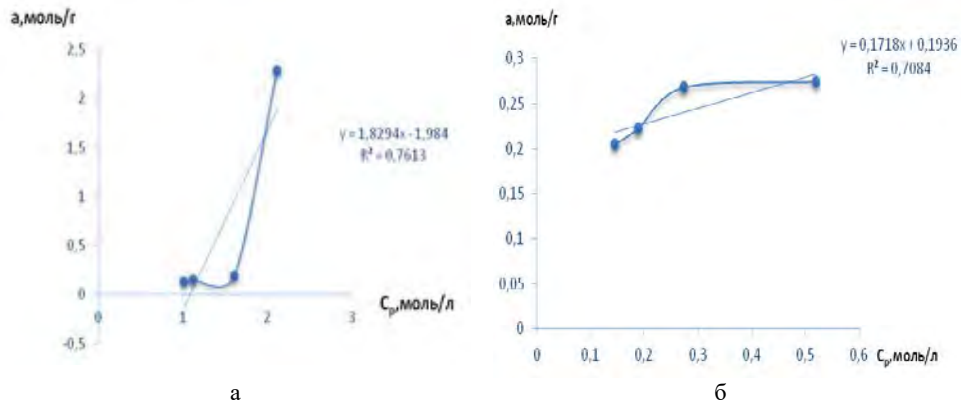


Рисунок 5 – Параметры изотерм Ленгмюра для сорбции Pb^{2+} с образцами модифицированной формы (а) и природного шунгита (б)

Заключение. Получен сорбент на основе *Коксуйского природного шунгита* и его модифицированных полиэтиленполиамином (ПЭПА) и эпоксидной смолой (ЭД-20) форм. Установлена оптимальная нейтральная рН для очистки воды от ионов свинца. В указанном диапазоне рН сорбция ионов свинца на модифицированных образцах выше, чем у природного сорбента при времени сорбции не выше 30 мин. Сокращение времени очистки позволяет эффективно использовать модифицированный шунгит в качестве сорбционного материала для очистки сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/en/.
- [2] United Nations, Environment Programme, Final review of scientific information on lead, Chemicals Branch, Division of Technology, Version of, Industry and Economics, December 2010.
- [3] B. Volesky, Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century, *Hydrometallurgy* 59 (2001) 203–216.
- [4] L. Deng, Y. Su, H. Su, X. Wang, X. Zhu, Biosorption of copper(II) and lead(II) from aqueous solutions by nonliving green algae *Cladophora fascicularis*: equilibrium, kinetics and environmental effects, *Adsorption* 2 (2006) 267–277.
- [5] King P., Rakesh N., Beenalahari S., Prasanna Y., Kumar, Removal of lead from aqueous solution using *Syzygium cumini* L.: equilibrium and kinetic studies, *J. Hazard. Mater.* 142 (2007) 340–347.
- [6] Eckhard Worch, *Adsorption Technology in Water Treatment*, Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin/Boston 2012, e-ISBN: 978–3–11–024023-8.
- [7] Y.K. Siong, J. Idris, M. Atabaki, Performance of activated carbon in water filters, *Water Resources* (2013) 1–19.
- [8] A. Alsaiee, B.J. Smith, L. Xiao, Y. Ling, D.E. Helbling, W.R. Dichtel, Rapid removal of organic micropollutants from water by a porous β -cyclodextrin polymer, *Nature* 529 (7585) (2016) 190.
- [9] Акимбаева А.М., Е.Е. Ергожин, А.Б. Садвокасова, Шунгитовые породы. Перспективы модификации и возможности использования // *Химический журнал Казахстана*. – 2003. – № 1. – С. 4Ф66.
- [10] R. Martino, *Shungite: Protection, Healing, and Detoxification*, first ed., Healing Arts Press, 2014.
- [11] I.A. Kovalevski, V.V. Moshnikov, TEM study of structure of graphene layers in shungite carbon, *Nanosyst: Phys. Chem. Math.* 7 (2016) 210e213.
- [12] N.N. Sheka, E.F. Rozhkova, Shungite as the natural pantry of nanoscale reduced graphene oxide, *Int. J. Smart Nano Mater.* 5 (2014) 1e16.
- [13] Туктамышев И.Ш., Туктамышев И.И., Калинин Ю.К., Селезнев А.Н., Гнедин Ю.Ф. Свойства шунгитовых пород Карелии и перспективность их технологического использования // *Химия твердого топлива*. – 2001. – № 1. – С. 80-89.
- [14] Ефремова С.В., Королев Ю.М., Наурызбаев М.К., Ефремов С.А. Структура казахстанского шунгита // *Химия твердого топлива*. – 2003. – № 1. – С. 11-20.
- [15] Бартновский В.И., Кривушина Л.Е. Коксуйкишунгиты - первый опыт применения в классической альтернативной медицине и защите человека от вредного воздействия аномальных (геопатогенных) зон природного и техногенного происхождения // *Вестник качества для предпринимателей, бизнесменов, товаропроизводителей: Ежекварт. информ.-справ. бюл.* – Алматы, 1999. – Вып. 2. – С. 10-1.
- [16] Oleg Mosin., IgnatIgnatov. The structure and composition of natural carbonaceous fullerene containing mineral shungite // *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*. 2013. Issue 3, vol. 6 (Nov.-Dec.). P. 9-21.
- [17] Луговская И.Г., Ануфриева С.И., Герцева Н.Д., Крылова А.В. Глубокая очистка водных растворов от фенола с использованием шунгитовой породы // *Журн. прикл. химии*. – 2003. – Т. 76, вып. 5. – С. 791-794.
- [18] Н.А. Самойлов, Р.Н. Хлесткин, А.В. Шеметов, А.А. Шаммазов. Сорбционный метод ликвидации нефти и нефтепродуктов: Учебное пособие. – М.: Химия, 2001. – 190 с.
- [19] Ultra-trace determination of lead in water and food samples by using ionic liquid-based single drop microextraction electrothermal atomic absorption spectrometry / J.L. Manzoori, M. Amjadi, J. Abulhassan // *Anal. Chim.* – 2009. – Acta 644. – P. 48–52.
- [20] Simultaneous pre-concentration procedure for the determination of cadmium and lead in drinking water employing sequential multi-element flame atomic absorption spectrometry / L.A. Portugal, H.S. Ferreira, W.N.L. dos Santos, S.L.C. Ferreira // *Microchem.* – 2007. – J. 87. – P. 77–80.

[21] Hydrogen peroxide in basic media for whole blood sample dissolution for determination of its lead content by electrothermal atomization atomic absorption spectrometry / J. Biasino, J.R. Domínguez, J. Alvarado // *Talanta* 73. – 2007. – P. 962–964.

[22] Comparison Between the Calibration and the Standard Addition Methods in Determining Dissolved Lead in Borobudur's Control Tanks Water by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (F-AAS) / I. Sulistyaningrum, M. P.Gitutami, R. B. Istiningrum, I. M. Siregar // *Procedia Chemistry*. – 2015. – Vol. 17. – P. 70-74.

[23] Determination of lead in environmental waters with dispersive liquid–liquid micro-extraction prior to atomic fluorescence spectrometry / Zhou, Q., Zhao, N., & Xie, G. // *Journal of Hazardous Materials*. – 2011. – Vol. 89 (1–2). – P. 48–53.

[24] Turn-On fluorescence sensor based detection of heavy metal ion using carbon dots @ graphitic-carbon nitride nanocomposite probe / Radhakrishnan, P. Panneerselvam, S. Sivanesan // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, In press, journal pre-proof, Available online. – 2019. – Article 112204 K.

[25] Orthogonal projection approach and continuous wavelet transform-feed forward neural networks for simultaneous spectrophotometric determination of some heavy metals in diet samples / M.A. Tarighat // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 192. – P. 548-556.

[26] ГОСТ 20255.1-89. Иониты. Метод определения статической обменной емкости. – М.: Стандартинформ, 2002. – 5 с.

[27] Chemical analysis of plating solutions / Rosenstein C., Hirsch S. // *Metal Finishing*. – 2002. – Vol. 100. – P. 509-554.

Резюме

Э. А. Камбаров, Бектенов Н. А., Гавриленко М. А.

ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИН ЖӘНЕ ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРМЕН МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ШУНГИТТЕР АРҚЫЛЫ АҒЫНДЫ СУЛАРДАН ҚОРҒАСЫН ИОНЫН ЭКСТРАКЦИЯЛАУ

Кең профильді тиімді және қымбат емес сорбенттерді әзірлеу өзекті мәселе болып табылады. Осыған байланысты ағынды суларды тазарту және қоршаған ортадағы әртүрлі заттардың құрамын бақылау үшін қолданылатын жаңа модификацияланған ион алмастырғыштарды қолдану қажет. Сорбциялық сипаттамаларды жоғарылату үшін модификация жүргізіледі. Жақсартылған сорбциялық және кинетикалық сипаттамалары бар сорбенттердің үлкен перспективалары бар, мысалы, эпоксидті топтары бар реактивті сополимерлерді алу үшін ірі иондардың жоғары сіңіру жылдамдығы, құнды физика-химиялық қасиеттері, полиэтилен полиамин және эпоксидті шайырлармен модификацияланған арзан табиғи минералдар, қышқыл қосылыстары мен негізгі табиғи заттардың қатысуымен емдеу реакцияларына қатысуға қабілетті. Қорғасын иондарын сорбциялау үшін полиэтилен полиаминімен және эпоксидті шайырмен модификацияланған Көксу табиғи шунгиті негізінде жаңа сорбенттер жасалды. Жұмыста сорбцияның тепе-теңдік және кинетикалық параметрлері есептелген, статикалық жағдайда суды тазартудың оңтайлы шарттары анықталған. Табиғи шунгиттің және оның модификацияланған полиэтилен полиаминінің (PEPA) және эпоксидті шайырдың (ED-20) Pb^{2+} ионына қатысты ортаның рН-на, жанасу уақытына және ерітіндінің концентрациясына байланысты сорбциялық қасиеттері анықталды. Статикалық жағдайларда сорбент сыйымдылығы - 0,45 мг/г сорбентті құрайды. Зерттеу Pb^{2+} иондарынан металлургиялық кәсіпорындарды ағынды сулар-

мен тазарту қажеттілігіне байланысты. Қорғасын қосылыстары - мутагендік, канцерогендік қасиеттерді көрсететін зиянды заттар. Табиғи модификацияланған шунгит өнеркәсіптік және ағынды суларды тазарту үшін сорбциялық материал ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: шунгит, сорбция, қорғасын иондары, полиэтилен полиамин, эпоксид.

Summary

E. A. Kambarova, N. A. Bektenov, M. A. Gavrilenko

MODIFIED POLYETHYLENE POLYAMINE AND EPOXY RESIN SCHUNGITE FOR THE EXTRACTION OF LEAD IONS FROM WASTEWATER

The development of effective and inexpensive sorbents of a wide profile is an urgent problem. In this regard, it is necessary to use new modified ion exchangers used for wastewater treatment and control over the content of various substances in the environment. To increase sorption characteristics, modification is performed. Modification of sorbents with improved sorption and kinetic characteristics has great prospects, such as highly permeable cross-linked polyelectrolytes, with a high absorption rate of large ions, valuable physicochemical properties, cheap natural minerals modified with polyethylene polyamine and epoxy resins in order to obtain reactive copolymers with epoxy groups, capable of participating in curing reactions in the presence of acid compounds and basic s. New sorbents based on Koksnu natural shungite modified with polyethylene polyamine and epoxy resin have been developed for sorption of lead ions. The equilibrium and kinetic parameters of sorption are calculated, the optimal conditions for water purification under static conditions are determined. The sorption properties of natural schungite and its modified polyethylene polyamine (PEPA) and epoxy resin (ED-20) forms with respect to the Pb^{2+} ion on the pH of the medium, on the contact time and the concentration of the solution are determined. Sorption capacity under static conditions is 0.45 mg/g of sorbent. The research is due to the need for wastewater treatment of metallurgical enterprises from Pb^{2+} ions. Lead compounds are harmful substances that exhibit mutagenic, carcinogenic properties. Modified natural shungite can be used as a sorption material for the treatment of industrial and waste water.

Keywords: shungite, sorption, lead ions, polyethylene polyamine, epoxy.