

Information about the authors

Adilkhan Seipyiev – Master; Institute of Batteries LLP, Kazakhstan; e-mail: adilol98@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2899-1529>.

Arailym Nurpeissova* – Doctor in Energy Sciences and Technologies; Institute of Batteries LLP, PI National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Kazakhstan; e-mail: arailym.nurpeissova@nu.edu.kz.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9657-2964>.

Поступила в редакцию 13.02.2024

Поступила после доработки 01.07.2024

Принята к публикации 03.07.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-40](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-40)



MPHTI: 61.31.57

М.Н. Ишанова*, **А.А. Кадирбаева¹**, **А.Ф. Минаковский²**, **Н.К. Сагымбекова¹**

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова,
160001, Республика Казахстан, г. Шымкент, проспект Тауке хана 5,

²Белорусский Государственный технологический университет,
220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

*e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ ДАРБАЗИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация: В нашей стране проблема очистки воды остается актуальной, причем этому способствует рост внешних факторов, к которым можно отнести увеличение количества промышленных предприятий, развитие сельского хозяйства, рост городов и другие. Цель. Для решения проблемы очистки сточной воды экономически выгодно создание новых сорбентов, из имеющихся в нашей стране ресурсов. Для обработки бентонитовой глины в экспериментальных условиях были выбраны инструментальные методы испытаний с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) марки Jeol JSM-6490I V, ИК-Фурье спектрометр NEXUS E.S.P. (Thermo Scientific, США), лазерный анализатор размеров частиц Analizette 22 Micro Tec (Fritsch GmbH, Германия). По результатам инструментальных исследований определен элементный и минералогический состав бентонитовой глины из Дарбазинского месторождения с использованием сканирующего растрового электронного микроскопа и ИК-Фурье спектрометра. Полученный сорбент на основе бентонитовой глины имеет высокую сорбционную способность и рекомендуется применять при очистке сточных вод химических производств. Полученный сорбент на основе бентонитовой глины из Дарбазинского месторождения позволяет очистить сточные воды различных производств содержащих ионы тяжелых металлов до 95%. Разработанный сорбент на основе бентонитовой глины имеет экологическую и экономическую эффективность, связи с использованием местных природных ресурсов. Таким образом, следует отметить, что для адсорбционной очистки сточных вод химических производств с высокой степенью возможно использование эффективных сорбентов на основе бентонитовых глин Дарбазинского месторождения. Также следует отметить, что использование бентонитовых глин для очистки воды процессом сорбции является эффективной и доступной альтернативой адсорбентов, которые показывают высокую адсорбционную емкость по отношению к различным соединениям.

Ключевые слова: бентонит, месторождение Дарбаза, монтмориллонит, адсорбция, тяжелые металлы, сорбционная емкость, глина.

Введение

Одной из наиболее острых экологических и экономических проблем нашего времени является загрязнение и низкое качество очистки сточных вод. Причиной большого запаса загрязненных сточных вод является ежегодное увеличение промышленных предприятий, а также значительные перегрузки уже имеющихся очистных сооружений. Следует отметить, что из общего количества водозабора воды, на производственные нужды вода потребляется больше, чем на хозяйственно-питьевые. Многочисленные исследования показывают, что широко распространенной проблемой загрязнения природных сред – атмосферы, почвы, воды, растений и животных является загрязнение тяжелыми металлами. Важным для

исследования является положение о том, что тяжелые металлы по токсичности занимают второе место в загрязнении окружающей среды и составляют группу наиболее опасных загрязнителей биосферы [1]. В нашей стране, для увеличения эффективности в использовании водных ресурсов необходимо повышение качества сбрасываемых сточных вод, поэтому важно не только использование современных норм и стандартов, но также поиск, разработка и внедрение новых идей и подходов к контролю поступающих загрязняющих веществ и к методам очистки сточных вод. Качественная очистка сбрасываемых сточных вод составляет основу систем оборотного водоснабжения предприятий, что, в свою очередь, приведет к повышению уровня повторного использования вод [2]. По литературному обзору известно, что в настоящее время одним из перспективных решений данной проблемы выступает метод осадительной очистки реагентом - гидроксид железа, но данный метод не является универсальным и не всегда достигается полное извлечение примесей до нужной нормы [3]. Следует отметить, что применение реагентного способа очистки сточных вод часто приводит ко вторичному их загрязнению и требует дополнительных материальных затрат. Несмотря на многочисленные исследования в области очистки сточных вод, проблема поиска эффективных и доступных сорбентов остается все еще актуальной. В настоящее время широко применяются сорбенты природного происхождения, которые сейчас исследуются в качестве природного минерального сырья в качестве сорбентов для извлечения ионов тяжелых металлов из загрязненных вод. Казахские природные материалы (бентонит, цеолит, вермикулит, диатомит) по своим физико-химическим характеристикам соответствуют требованиям, предъявляемым к сырью для производства высокоэффективных материалов – адсорбентов, а также композиционных материалов для многофункционального назначения. Заслуживает быть отмеченным широко применяемый метод сорбционной очистки, который позволяет применять природные сорбенты для очистки сточных вод. Вместе с тем следует подчеркнуть, что природные материалы не вносят загрязнения в окружающую среду. Дешевым и экологически чистым природным материалом являются глины. Они обладают высокими сорбционными свойствами, которые можно улучшить путем активации глины. Бентонитовые глины представляют собой горные породы минеральных пород, которые на 70% состоят из минерала монтмориллонит ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$). Бентонит по своему происхождению представляет сложный минерал, имеющий формулу $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$, в данной формуле кремний может заменяться на различные катионы. Химический состав нашей глины Дарбазинского месторождения SiO_2 – 37,12%, Al_2O_3 – 15,62%, Fe_2O_3 – 11,52%. Монтмориллонит обладает слоистой кристаллической структурой, высокой дисперсностью и ярко выраженной способностью к адсорбции, обмену катионов. Его кристаллическая структура (трехслойный пакет) характеризуется способностью к изоморфным замещениям в пределах кристаллической решетки в октаэдрическом слое: $Al^{3+} \rightarrow Mg^{2+} \rightarrow Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} \rightarrow Li^+$. Промежутки между слоями элементарных пакетов и межпакетные промежутки структуры монтмориллонита рассматриваются как микропоры. По особенностям пористой структуры монтмориллонит относится к слоистым силикатам с пористой структурной ячейкой. Следовательно, величина межпакетного расстояния, промежутки между слоями элементарных пакетов не постоянны и меняются в зависимости от количества и вида поглощаемого вещества.

В Южном Казахстане разведано несколько бентонитовых месторождений с балансовыми запасами. В Южном Казахстане насчитывается около пяти месторождений – это Дарбазинское и Келесское месторождения, суммарные запасы которых составляют 58,0 млн. т; Андреевское, Дзержинское, Ильдерсайское – общие запасы более 100 млн. т.

В данной работе исследовали бентонитовую глину Дарбазинского месторождения, которая обладает хорошими сорбционными свойствами. Месторождение Дарбаза находится на юге Казахстана, в Сарыагашском районе, село Дарбаза.

Исходная бентонитовая глина обладает низкой сорбционной способностью, которую можно повысить с помощью активации [4]. Известно огромное количество методов активации, поэтому наша задача выбрать самый оптимальный метод активации. Как показывают исследования, доминирующим процессом при активации глины является замена в глинистой составляющей двухвалентных ионов кальция и магния на одновалентный ион щелочного металла. Образующийся в ходе ионного обмена карбонат кальция (магния) может образовывать неорганические отложения, которые осаждаются из водных композиций этих активированных бентонитов [5].

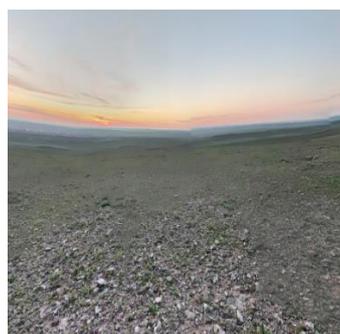
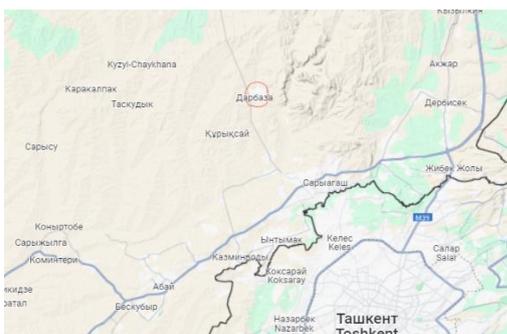


Рисунок 1 – Дарбазинское месторождение

Целью настоящей работы является изучение методов активации бентонитовой глины, определение сорбционно-обменной емкости по йоду и хлороводородной кислоте, и дальнейшее исследование сорбентов по отношению к ионам тяжелых металлов.

Экспериментальная часть

В результате исследований был определен химический состав бентонита с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM6490LV. Элементный состав бентонита приведен в таб.1.

Таблица 1 – Элементный состав бентонитовой глины месторождения Дарбаза

Элемент	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Весовой %	50,07	1,08	1,35	12,5	23,9	1,70	0,42	0,32	6,70
Соединение		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Весовой %		1,25	1,69	15,62	37,12	2,05	0,6	0,59	11,52

Из элементного состава образца видно, что в бентоните преобладают оксиды кремния и алюминия. Также в бентоните в достаточном количестве присутствует оксид железа. Природные глинистые адсорбенты, бентониты, крайне редко встречаются в чистом виде и, как правило, содержат примеси, сопутствующие минералы, карбонаты и сульфаты, гидроксиды, оксиды и другие. В связи с этим для их удаления, адсорбенты подсушивают, измельчают и просеивают.

На ИК-Фурье спектрометре NEXUS E.S.P. (Thermo Scientific, США) выполнены исследования спектров поглощения исходного минерала Дарбазинского месторождения.

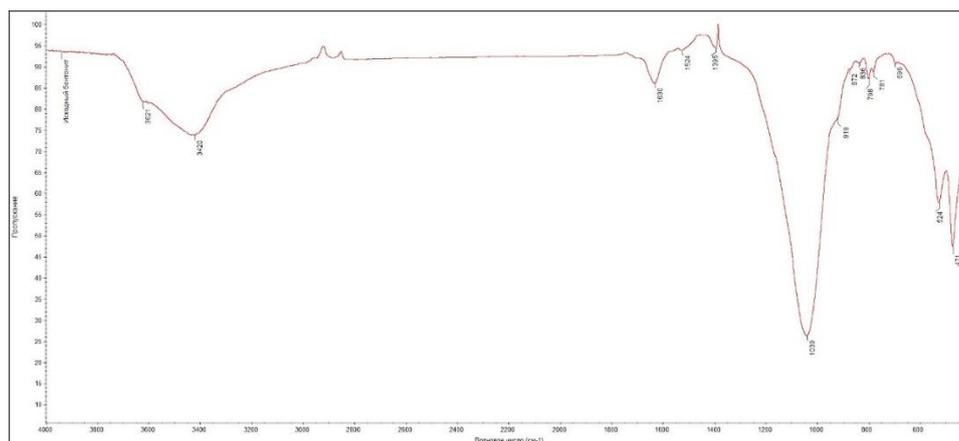


Рисунок 2 – ИК- спектры исходного бентонита месторождения Дарбаза

ИК- спектры исходного образца бентонита месторождения Дарбаза характеризуются основными интенсивными спектрами поглощения алюмосиликатных составляющих. При расшифровке спектров можно наглядно увидеть, что проба глины состоит из характерных спектров поглощения 1020-1040 см⁻¹ алюмосиликатных групп типа Al–O–Si. Единичные спектры в области 950-1050 см⁻¹ характерны для основной группы Si-O.

Одной из важных характеристик при исследовании минералогического состава сорбента является его дисперсность. Нам известно, что основной составляющей бентонита является глинистый материал, а также присутствуют обломки кварца полевого шпата, мусковита, остатки диатомита и фосфоритов. На рисунке 3 приведен дисперсный состав бентонита Дарбазинского месторождения.

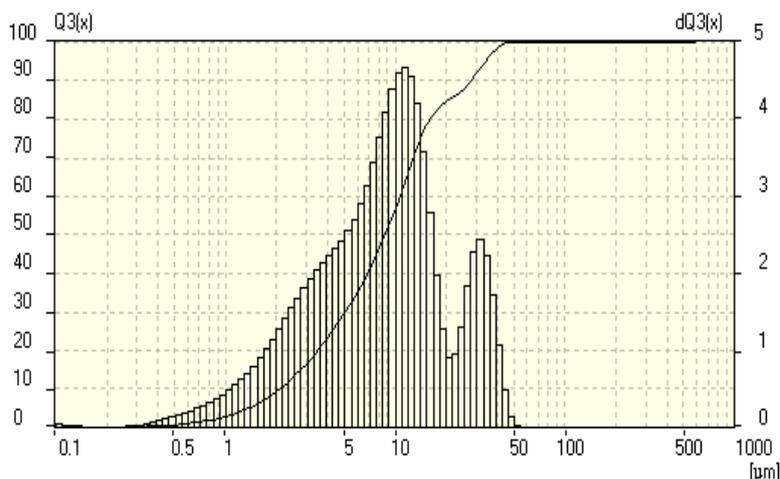


Рисунок 3 – Дисперсный состав бентонита Дарбаза

Определение дисперсности показало, что основная масса (более 90%) бентонитовой глины состоит из частиц размером 0,01-0,001 мм, а размеры оставшихся частиц находятся в пределах 0,1-0,01мм. Лучшим сортом бентонитовой глины, которая обладает высокими сорбционными свойствами считаются размеры частиц 0,001мм, которому соответствует исследуемый нами образец.

Для количественной оценки адсорбционной активности бентонита необходимо определить его сорбционно-обменную емкость. Методы с использованием адсорбции реагентов из растворов интересны с точки зрения удобства осуществления экспериментов и объективности получаемых данных. Опираясь на данные научной литературы [6,7], важным для исследования при изучении геометрической структуры и текстурных характеристик поверхности бентонитов является метод, основанный на определении количества адсорбции из водных растворов неорганических и органических веществ т.к. йод, фенол, алкилбензолсульфонат, различные ПАВ, метиленовый синий (МС), метаниловый желтый (МЖ) и др. [8, 9].

Для определения общей способности исследуемого образца бентонита к адсорбции определяли статическую сорбционную емкость, адсорбцию по хлороводородной кислоте и по йоду. Для определения сорбционной емкости отобрана проба исходной глины, а также проведена термическая обработка нативной глины при различных температурах от 100⁰ до 800⁰ С. Полученные результаты экспериментов по определению сорбционной емкости приведены на рисунке 4.

По полученным результатам наблюдаем, что сорбционная емкость бентонита исходного и после термической обработки по йоду и соляной кислоте заметно не изменяется. Однако даже после такой подготовки адсорбенты не обладают необходимой активностью для эффективного проведения процесса адсорбции. С этой целью для улучшения адсорбционных свойств бентонит подвергают термической или химической активации [10].

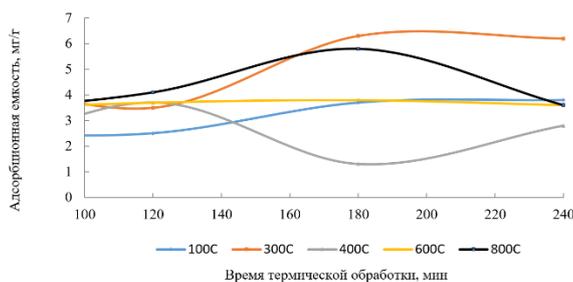


Рисунок 4 – Зависимость адсорбционной емкости бентонита от времени

Параллельно провели эксперименты по определению сорбционной емкости по хлороводородной кислоте, полученные результаты приведены на рисунке 5.

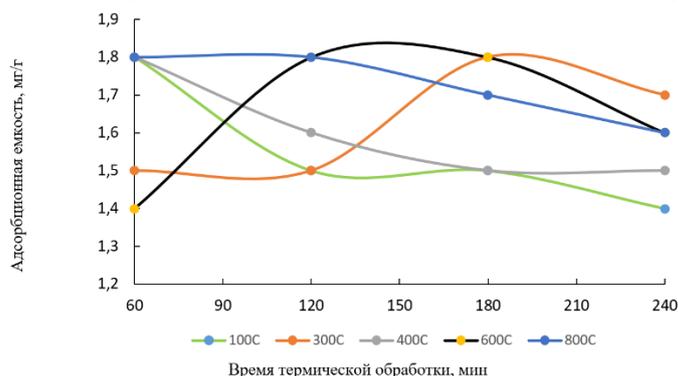


Рисунок 5 – Зависимость адсорбционной емкости бентонита от времени

Широко известными методами химической активации являются кислотная, солевая и содовая. Нами проведены солевая и содовая активации с целью увеличения активных центров изучаемого сорбента – бентонитовой глины. Для проведения анализа приготовили насыщенные растворы NaCl и Na₂CO₃, которыми заливали исследуемую бентонитовую глину. Активацию проводили при постоянном перемешивании в течении 2 часов. После бентонит отфильтровали, промыли несколько раз дистиллированной водой и высушили при температуре 100⁰C. Полученные сорбенты были испытаны на модельных растворах, содержащих ионы меди и цинка. Определение исходной и конечной концентрации раствора проводилась трилометрическим титрованием меди и цинка в анализируемых растворах.

Одной из важных характеристик сорбента является его дисперсность, которую измерили на лазерном анализаторе размеров частиц Analizette 22 MicroTec (Fritsch GmbH, Германия).

Результаты и обсуждение

По полученным результатам определения сорбционно-обменной емкости следует отметить, что исследуемый бентонит месторождения Дарбаза обладает достаточно хорошей сорбционной емкостью, что позволит использовать в качестве сорбента для извлечения ионов тяжелых металлов. Для проведения процесса сорбции был приготовлен модельный раствор сточной воды гальванического цеха, содержащий ионы тяжелых металлов цинк и медь.

В таблице 2 приведены результаты процесса сорбции ионов Cu²⁺ и Zn²⁺ из сточной воды гальванического цеха.

Таблица 2 – Результаты процесса сорбции ионов Cu²⁺ и Zn²⁺.

Сорбент	Ионы	Сточная воды гальванического цеха, г/л		E, %
		до очистки	после очистки	
Активированный бентонит с NaCl	Cu ²⁺	1,28	0,89	30
	Zn ²⁺	3,25	1,36	58
Активированный бентонит с Na ₂ CO ₃	Cu ²⁺	1,28	0,58	55
	Zn ²⁺	3,25	0,16	95

По полученным результатам процесса сорбции ионов меди и цинка активированными сорбентами, эффективным для иона цинка является активация бентонита содой, при котором степень извлечения достигает 95%, тогда как для меди эффективным методом активации является метод солевой активации, благодаря которому медь извлекается из растворов на 58%. Эксперименты проводились при комнатной температуре (25⁰C) при периодическом перемешивании в течение 2 часов, при соотношении сорбент-раствор 1:5. Определение исходной и конечной концентрации растворов проводилось методом трилометрического титрования исследуемых растворов по ГОСТ [12,13].

Заклучение

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что бентонитовая глина Дарбазинского месторождения обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов, а именно меди и цинка, при проведении процесса сорбции с использованием бентонитовой глины степень извлечения меди достигает 58%, а ионов цинка 95%. Полученные результаты анализ можно наглядно доказать особенным составом исследуемой глины Дарбазинского месторождения, который содержит большое количество SiO_2 , меньше FeO , CaO , MgO и пониженное содержание Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Из полученных результатов становится очевидным, что в исследуемой бентонитовой глине преобладают минералы монтмориллонитовой группы, общая формула которых выглядит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, и в меньшем количестве содержатся минералы полевого шпата, каолинита, цеолитов. Таким образом, полученные результаты физико-химических исследований бентонитовых глин с определением текстурных особенностей дают важные сведения при проведении адсорбционных процессов. Полученные данные химического и минералогического состава бентонитовых глин имеют важное значение для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, которые являются загрязнителями второго класса и наносят большой вред всем живым организмам.

Список литературы

1. Джумагулов А.А. Стандарты и нормы качества вод в Республике Казахстан / А.А. Джумагулов, А.Ю. Николаенко, И.Х. Мирхашимов. – Алматы: ОО «OST-XXI век», 2009. – 44 с.
2. Данные комитета статистики МНЭ РК // EconomicResearchInstitute. URL:<http://economy.kz/analytics/971/10799/>.
3. Проблемы проектного решения очистных сооружений / О.В. Рожкова и др. // Наука и технологии Казахстана – 2023. – № 2. – С. 42-53.
4. Мосталыгина Л.В. Реагентный и сорбционный метод с применением бентонитовой глины для очистки сточных вод от ионов хрома / Л.В. Мосталыгина, С.Н. Елизарова, А.Г. Мосталыгин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 6. – С.172-175.
5. Removal of amoxicillin from contaminated water using modified bentonite as a reactive material / Alaa K. Mohammed et al // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, Issue 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24916>.
6. Адсорбционная активность органобентонита на основе Крантауской глины / О.М. Сейтназарова и др. // Международный журнал перспективных исследований в области науки, техники и технологий. – 2020. – Том 7, выпуск 12. – С. 16164-16167.
7. Пальчикова Л.С. и др. Результаты испытаний глинистого сырья (для производства глинопорошков для буровых растворов) месторождений Оренбургской области / Л.С. Пальчикова, Л.И. Петрова, А.Р. Андроников // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 3. – С. 213-216.
8. El-Mallah N.M. Kinetic and Thermodynamic Studies for the Removal of Nickel Ions from an Aqueous Solution by Adsorption Technique / N.M. El-Mallah, H.M. Hassouba // Journal of Dispersion Science and Technology. – 2014. – Vol. 35, № 1. – P. 130-142.
9. Hassan K.H. Zinc oxide hydrogen sulfide removal catalyst/preparation, activity test and kinetic study / K.H. Hassan, Z.A. Khammas, A.M. Rahman // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2008. – № 4(3). – P. 74-84.
10. Zhou Y. The removal of amoxicillin from wastewater using organobentonite / Y. \ Zhou, X. Jin, Z. Chen // J. Environ. Manag. – 2013. – № 129. – P. 569-576. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.032>.
11. Experimental study on sodium modification and purification of GMZ bentonite / Yanmei Tong et al // Construction and Building Materials. – 2023. – Vol. 367. – P. 130060. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130060>
12. ГОСТ 18293-72. Методы определения содержания свинца, цинка, серебра. – Введ. 1974-01-01. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2010. – 16 с.
13. ГОСТ 4388-72 Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди. – Введ. 1974-01-01. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2010. – 8 с.

References

1. Dzhumagulov A.A. Standarty i normy kachestva vod v Respublike Kazakhstan / A.A. Dzhumagulov, A.YU. Nikolaenko, I.KH. Mirkhashimov. – Almaty: OO «OST-XXI veK», 2009. – 44 s. (In Russian).
2. Dannye komiteta statistiki MNEH RK // EconomicResearchInstitute. URL:<http://economy.kz/analytics/971/10799/>. (In Russian).
3. Problemy proektnogo resheniya ochistnykh sooruzhenii / O.V. Rozhkova i dr. // Nauka i tekhnologii Kazakhstana – 2023. – № 2. – S. 42-53. (In Russian).
4. Mostalygina L.V. Reagentnyi i sorbtsionnyi metod s primeneniem bentonitovoi gliny dlya ochistki stochnykh vod ot ionov khroma / L.V. Mostalygina, S.N. Elizarova, A.G. Mostalygin // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. – 2014. – № 6. – S.172-175. (In Russian).
5. Removal of amoxicillin from contaminated water using modified bentonite as a reactive material / Alaa K. Mohammed et al // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, Issue 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24916>. (In English).
6. Adsorbtsionnaya aktivnost' organobentonita na osnove Krantauskoi gliny / O.M. Seitnazarova i dr. // Mezhdunarodnyi zhurnal perspektivnykh issledovaniy v oblasti nauki, tekhniki i tekhnologii. – 2020. – Tom 7, vypusk 12. – S. 16164-16167. (In Russian).
7. Pal'chikova L.S. i dr. Rezul'taty ispytaniy glinistogo syr'ya (dlya proizvodstva glinoporoshkov dlya burovykh rastvorov) mestorozhdenii Orenburgskoi oblasti / L.S. Pal'chikova, L.I. Petrova, A.R. Andronikov // Bulatovskie chteniya. – 2017. – T. 3. – S. 213-216. (In Russian).
8. El-Mallah N.M. Kinetic and Thermodynamic Studies for the Removal of Nickel Ions from an Aqueous Solution by Adsorption Technique / N.M. El-Mallah, H.M. Hassouba // Journal of Dispersion Science and Technology. – 2014. – Vol. 35, № 1. – P. 130-142. (In English).
9. Hassan K.H. Zinc oxide hydrogen sulfide removal catalyst/preparation, activity test and kinetic study / K.H. Hassan, Z.A. Khammas, A.M. Rahman // Al-Khwarizmi Engineering Journal. – 2008. – № 4(3). – P. 74-84. (In English).
10. Zhou Y. The removal of amoxicillin from wastewater using organobentonite / Y. Zhou, X. Jin, Z. Chen // J. Environ. Manag. – 2013. – № 129. – P. 569-576. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.032>. (In English).
11. Experimental study on sodium modification and purification of GMZ bentonite / Yanmei Tong et al // Construction and Building Materials. – 2023. – Vol. 367. – R. 130060. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130060>. (In English).
12. GOST 18293-72. Metody opredeleniya soderzhaniya svintsa, tsinka, serebra. – Vved. 1974-01-01. – M.: Gosstandart Rossii: Iz-vo standartov, 2010. – 16 s. (In Russian).
13. GOST 4388-72 Voda pit'evaya. Metody opredeleniya massovoi kontsentratsii medi. – Vved. 1974-01-01. – M.: Gosstandart Rossii: Iz-vo standartov, 2010. – 8 s. (In Russian).

М.Н. Ишанова*, **А.А. Кадирбаева¹**, **А.Ф. Минаковский²**, **Н.К. Сарыпбекова¹**

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
160001, Қазақстан Республикасы, Шымкент қаласы, Тауке хан даңғылы, 5

²Беларусь Мемлекеттік Технологиялық Университеті,
220006, Беларусь Республикасы, Минск қаласы, Свердлов көшесі 13а

*e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru

ДАРБАЗА КЕН ОРНЫНЫҢ БЕНТОНИТ САЗЫН БЕЛСЕНДІРУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Біздің елімізде суды тазарту мәселесі өзекті болып қала береді, бұған өнеркәсіптік кәсіпорындар санының көбеюі, ауыл шаруашылығының дамуы, қалалардың өсуі және т.б. кіретін сыртқы факторлардың өсуі ықпал етеді. Суды тазарту мәселесін шешу үшін біздің елімізде бар ресурстардан жаңа сорбенттер құру экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады. Қазақстанның көптеген салаларында кеңінен қолданылатын бентонит сазының үлкен қорларына ие және оның қасиеттерінің бірі сорбциялық қабілеті болып табылады. Эксперименттік жағдайларда бентонит сазын өңдеу үшін Jeol JSM-6490I V сканерлеуші электронды микроскоп (SEM), ИК-Фурье спектрометр NEXUS E.S.P. (Thermo Scientific, АҚШ), бөлшектердің размерін анықтайтын лазерді анализатор Analizette 22 MicroTec (Fritsch GmbH, Германия) арқылы аспаптық сынақ әдістері жасалды. Аспаптық зерттеулердің нәтижелері бойынша энергия-дисперсиялық әдіспен сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен Дарбаза кен орнындағы бентонит сазының элементтік және минералогиялық құрамы анықталды. Алынған бентонит балшық негізіндегі

сорбент жоғары сорбциялық қабілетіне ие және химия өнеркәсібінің ағынды суларын тазартуда қолдануға ұсынылады. Дарбаза кен орнынан алынған бентонит сазының негізінде алынған сорбент химия өндірісіндегі ағынды суларды ауыр металдардан және басқа иондардан 95%-ға дейін тазартуға мүмкіндік береді. Бентонит сазы негізінде жасалған сорбент жергілікті табиғи ресурстарды пайдаланылғандықтан экологиялық және экономикалық тиімді болып келеді. Сонымен, химия өнеркәсібінің ағынды суларын адсорбциялық тазарту үшін Дарбаза кен орнының бентонит саз негізіндегі тиімді сорбенттерді жоғары дәрежеде қолдануға болатындығы анықталды. Сондай-ақ, сорбциялық процесс арқылы суды тазарту үшін бентонит саздарын пайдалану әртүрлі қосылыстар үшін жоғары адсорбциялық қабілетін көрсететін адсорбенттерге тиімді және қолжетімді балама болып табылатынын атап өткен жөн.

Түйін сөздер: бентонит, Дарбаза кен орны, монтмориллонит, адсорбция, ауыр металдар, сорбциялық қасиет, саз.

M.N. Ishanova*, **A.A. Kadirbayeva¹**, **A.F. Minakovsky²**, **N.K.Sarybekova¹**

¹M. Auezov South Kazakhstan University,
160001, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan, 5

²Belarusian State Technological University,
220006, Republic of Belarus, Minsk, st.Sverdlov, 13a

*e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru

STUDY OF METHODS FOR ACTIVATING BENTONITE CLAY FROM THE DARBAZA DEPOSIT

In our country, the problem of water treatment remains urgent, and this is facilitated by the growth of external factors, which can include the increase in the number of industrial enterprises, agricultural development, urban growth and others. Objective. To solve the problem of wastewater treatment it is economically advantageous to create new sorbents, from the resources available in our country. Instrumental test methods were chosen for bentonite clay treatment under experimental conditions using scanning electron microscope (SEM) Jeol JSM-6490I V, FTIR spectrometer NEXUS E.S.P. (Thermo Scientific, USA), laser particle size analyser Analizette 22 MicroTec (Fritsch GmbH, Germany). According to the results of instrumental studies, the elemental and mineralogical composition of bentonite clay from Darbazi deposit was determined using scanning scanning electron microscope and FTIR spectrometer. The obtained sorbent on the basis of bentonite clay has a high sorption capacity and is recommended to be used in wastewater treatment of chemical industries. The obtained sorbent on the basis of bentonite clay from Darbazinsky deposit allows to purify wastewater of various productions containing ions of heavy metals up to 95%. The developed sorbent on the basis of bentonite clay has ecological and economic efficiency, connection with the use of local natural resources. Thus, it should be noted that for adsorptive treatment of wastewater from chemical industries with a high degree it is possible to use effective sorbents based on bentonite clays of Darbaza deposit. It should also be noted that the use of bentonite clays for water treatment by sorption process is an effective and affordable alternative to adsorbents, which show high adsorption capacity in relation to various compounds.

Key words: bentonite, Darbaza deposit, montmorillonite, adsorption, heavy metals, sorption capacity, clay.

Сведения об авторах

Маржан Нурмухамедовна Ишанова* – докторант, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова; e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7843-479X>.

Алмагул Аккопейқызы Кадирбаева – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова; e-mail: diac_2003@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0702-1114>.

Александр Федорович Минаковский – кандидат технических наук, доцент, Белорусский Государственный технологический университет; e-mail: sashmin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4253-3414>.

Нурсулу Кошеновна Сарыпбекова – кандидат химических наук, доцент Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова; e-mail: nurislam_kar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1200-3244>.

Авторлар туралы мәліметтер

Маржан Нурмухамедовна Ишанова* – PhD студент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7843-479X>.

Алмагул Аккопейқызы Қадірбаева – Техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: diac_2003@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0702-1114>.

Александр Федорович Минаковский - Техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Беларусь Мемлекеттік Технологиялық Университеті, e-mail: sashmin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4253-3414>.

Нурсулу Кошеновна Сарыпбекова – Техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті; e-mail: nurislam_kar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1200-3244>.

Information about the authors

Marzhan Nurmukhamedovna Ishanova – PhD doctoral student, M.Auezov South Kazakhstan University; e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru. ORCID:<https://orcid.org/0009-0003-7843-479X>.

Almagul Akkoyeуkyzy Kadirbayeva – Candidate of technical sciences, Associate Professor, M.Auezov South Kazakhstan University; e-mail: diac_2003@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0702-1114>.

Aliaksandr Fedorovich Minakouski – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Belarusian State Technological University; e-mail: sashmin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4253-3414>.

Nursulu Koshenovna Sarybekova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, M.Auezov South Kazakhstan University; e-mail: nurislam_kar@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1200-3244>.

Поступила в редакцию 01.03.2024

Поступила после доработки 17.06.2024

Принята к публикации 15.08.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-41](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-41)



IRSTI: 31.01.05

A. Dauletbay^{1,2*}, D. Hanzheng¹, N. A. Ongalbek¹, S. Tursynbolat², A. Dalbanbay²

¹Al-Farabi Kazakh National University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 al-Farabi Ave.

²Satbayev University,
050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, 22 Satbaev str.

*e-mail: akbar.dauletbay@kaznu.kz

HUMIC ACIDS: PROPERTIES, STRUCTURE, AND APPLICATION

Abstract: Humic substances (HSs) are a diverse class of natural compounds with no fixed chemical composition, formed from plant and microbial residues through the action of environmental factors and living organisms over many years. Despite extensive research spanning two centuries, the complex and variable nature of HSs' structure remains a subject of scientific inquiry. These substances, notably humic acids, fulvic acids, and humin, play crucial roles in ecological and environmental processes due to their abundant functional groups and resilience to biodegradation. This review explores the intricate structure and properties of HSs, their classification, and their occurrence in nature. It highlights the different models proposed to describe the structural fragments of humic acids, emphasizing their aromatic cores and diverse functional groups. The variability in the molecular weight distribution of HSs, attributed to their polydisperse nature, is also discussed, along with methods used for their determination, such as exclusion chromatography. Furthermore, the elemental and functional compositions of humic acids are examined, detailing their acid-base properties and capacity for heavy metal complexation. The synthesis of HSs from natural sources, such as soil, peat, coal, and artificial processes, is covered, showcasing methods like alkaline extraction and hydrothermal treatment. Recent advancements in artificial humification, including oxidative ammonolysis and Fenton reagent-based oxidation, are reviewed for their potential in producing environmentally friendly humic materials from lignin and waste biomass. The study concludes by underscoring the environmental significance and practical applications of HSs, particularly in agriculture, soil conditioning, and environmental remediation. The diverse properties and synthesis methods of HSs make them promising candidates for sustainable material production and environmental management. Humic acids are versatile compounds beneficial for human health due to their potent antioxidant properties, immune-modulating effects, and support for gastrointestinal health and detoxification. Structurally diverse, they feature groups like carboxyl, phenolic hydroxyl, quinones, ketonic carbonyls, amino, and sulfhydryl, contributing to their stability and amphiphilic nature. In pharmaceutical