

УДК 679.861(575.2)

## СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕНТОНИТА БЕШКЕНТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

<sup>1</sup>Джусуева М.С., <sup>2</sup>Исмагилаев С.П., <sup>1</sup>Осмонова С.С., <sup>1</sup>Саркелов Ж.С.

<sup>1</sup>Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек,  
e-mail: chemistdjusuevaknu@gmail.com;

<sup>2</sup>Пробирно-аналитическая лаборатория золотоизвлекающей фабрики Кумтор Голд Компани, Бишкек

Статья посвящена изучению свойств глины месторождения Бешкент. Глина этого месторождения не была изучена. В литературе имеются данные, что ранее глина этого месторождения применялась в качестве буровых растворов. В связи с расширяющимся спектром применения бентонитовых глин в фармации, в косметологии, в качестве биологически активных добавок нами было предпринято данное исследование. По соотношению содержания оксида алюминия к диоксиду кремния глина месторождения Бешкент относится к бентонитовым глинам. Химический анализ показал содержание оксидов кальция, магния и углерода, что говорит о наличии карбонатных пород в составе глины. В глине присутствуют незначительные количества оксидов железа, фосфора и титана. Изучение дисперсности частиц, составляющих глину, показало, что в глине Бешкентского месторождения больше всего частиц с размерами < 0,005 мм (68,26%), а частиц с размерами < 0,001 мм всего 1,90%. Определение значения емкости обмена Бешкентской глины является не самым высоким согласно классификации глин по значению величины емкости обмена. Но все же полученное значение емкости обмена (60 мг-экв на 100 г глины) позволяет отнести глину Бешкентского месторождения к бентонитовым глинам. Значение pH водной суспензии глины данного месторождения также говорит о том, что глина этого месторождения является бентонитовой. Таким образом, изучены физико-химические свойства глины Лейлекского района Баткенской области Кыргызстана (проведен химический анализ на содержание Si, Al, Ca, Mg, Na и других элементов, определены гранулометрический состав и катионная емкость сырья месторождения Бешкент).

**Ключевые слова:** Бешкент, бентонитовая глина, карбонатная порода, величина емкости обмена, суспензия

## THE COMPOSITION AND PHYSIKO-CHEMICAL PROPERTIES OF BENTONITE FROM BESHKENT

<sup>1</sup>Dzhusueva M.S., <sup>2</sup>Ismatillaev S.P., <sup>1</sup>Osmonova S.S., <sup>1</sup>Sarkelov Zh.S.

<sup>1</sup>Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek, e-mail: chemistdjusuevaknu@gmail.com;

<sup>2</sup>The Assay and Analytical Laboratory of the Gold Extraction Factory Kumtor Gold Company, Bishkek

The article is devoted to the study of the properties of clay from the Beshkent deposit. The clay of this deposit has not been studied. There is evidence in the literature that previously the clay of this deposit was used as drilling fluids. In connection with the expanding range of application of bentonite clays in pharmacy, in cosmetology, as biologically active additives, we undertook this study. According to the ratio of the content of aluminum oxide to silicon dioxide, Beshkent clay belongs to bentonite clays. Chemical analysis showed the presence of calcium oxide, magnesium oxide and carbon monoxide in the clay, which indicates the presence of carbonate rocks in the clay composition. Clay contains trace amounts of iron oxides, phosphorus and titanium oxides. The study of the dispersion of the particles that make up the clay showed that in the clay of the Beshkent deposit there are most particles with sizes <0.005 mm (68.26%), and particles with sizes <0.001 mm are only 1.90%. Determination of the value of the exchange capacity of Beshkent clay is not the highest according to the classification of clays according to the value of the exchange capacity. Nevertheless, the obtained value of the exchange capacity (60 meq per 100 g of clay) allows us to classify the clay of the Beshkent deposit as bentonite clay. The pH value of the aqueous suspension of the clay of this deposit also indicates that the clay of this deposit is bentonite. Thus, we studied the physicochemical characteristics of the studied raw materials of Leilek district of Batken region of Kyrgyzstan (chemical analyzes of Si, Al, Ca, Mg, Na and other elements, which confirmed the composition of local clay, granulometric composition and cationic capacity of clay from the Beshkent deposit).

**Keywords:** Beshkent, bentonite clay, carbonate rock, exchange capacity, suspension

Бентонитовые глины широко изучаются в настоящее время. Если в литературе более раннего периода отображались вопросы применения глины как добавки к лечебным препаратам, улучшающим свойства лечебной основы, то теперь взгляд ученых на глину изменился. Сейчас глину рассматривают как лечебный комплекс, имеющий широкий спектр полезных свойств, делая упор на исследование производных бенто-

нитов [1] и нанокомпозитов на основе бентонитов [2, 3]. В работе [4] глинистые минералы нашли применение как наполнители сорбентов для очистки органических и неорганических загрязнителей. Также глины находят применение в фармацевтической и косметической промышленности [5]. Производные монтмориллонита находят антибактериальное применение [6]. Катионзамещенные монтмориллонит и вермикулит

применяются для адсорбционного извлечения шестивалентного хрома [7]. Амин- и карбоксилзамещенные бентониты нашли применение для адсорбционного извлечения таких тяжелых металлов, как свинец, ртуть и медь, и других металлов из водных растворов [8]. В работе [9] удаление тяжелых металлов Cd, Cu и Pb из воды путем адсорбции Na-бентонитом рассматривалось в зависимости от pH и ионной силы. Классическая адсорбция метиленового голубого была изучена авторами работы [10], которые для улучшения адсорбции использовали плазменную модификацию поверхности бентонитовой глины. Получение и антибактериальная активность нанокомпозитов на основе хитозана, содержащих наночастицы серебра и оксида цинка на бентонитовой основе, для обеззараживания воды рассматривается авторами работы [11]. Авторами работы [12] было найдено, что бентонит защищает стволовые клетки нервного гребня от смерти, вызванной афлатоксином B<sub>1</sub>. Авторы работы утверждают, что многие исследования *in vitro* показали влияние бентонита на различные типы клеток, но сопоставимой информации о его влиянии на стволовые клетки нервного гребня (NC) нет. Клетки нервного гребня (NC) считаются идеальной моделью для изучения роли различных веществ в дифференцировке, выживании и росте клеток. Было выяснено, что афлатоксин B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) снижает жизнеспособность и уменьшает популяцию NC-клеток. Авторы работы охарактеризовали бентонит, добываемый на юге Бразилии, и исследовали его влияние на дифференциацию и выживаемость NC при воздействии AFB<sub>1</sub> и пришли к выводу, что бентонит увеличивал жизнеспособность NC-клеток, ранее обработанных AFB<sub>1</sub>, не влияя на дифференцировку клеток. Авторы работы [13] изучили равновесную и кинетическую адсорбцию лекарств на бентоните и выяснили, что удаление лекарств из воды очень чувствительно к перепадам температуры и что присутствие поверхностно-активных веществ в среде резко влияет на усвоение лекарств, глина становится более эффективной как адсорбент после модификации поверхностно-активными веществами. В работе [14] авторы исследовали комплексообразование наночастиц аллофана с дисплатиной, – дихлорид-амминплатиной (II) для доставки пролекарства платины в раковые клетки. На клетках карциномы легкого человека (A549) были подробно обсуждены глубокие исследования, включая анализ клеточного поглощения (эндоцитоза) наночастиц аллофана, способности останавливать клеточный цикл и профили индукции апоптоза. Также были

обсуждены особенности против клеток A549, которые могут стать многообещающей стратегией для повышения их противораковой активности и смягчения побочных эффектов. В работе [15] исследовали разработку антимикробного нанокомпозита в качестве двойной системы доставки лекарств для терапии опухолей, чувствительного к pH. С помощью ионного обмена синтезирован новый антибактериальный нанокомпозит глина / полимер со средним размером частиц 20–40 нм. Результаты исследований привели к выводу, что антибактериальный нанокомпозит с двойным содержанием лекарств может быть использован для лечения рака.

Очень широко исследуются нанокомпозиты на основе бентонита, которые предполагается использовать в различных областях. Например, нанокомпозиты хитозана с бентонитом были исследованы для применения в качестве пленок для заживления ран [16]. Этот же нанокомпозит хитозана с бентонитом рассматривается как средство высокоэффективной инактивации питьевой воды от бактерий [17]. Другими авторами изучались электрокинетические свойства и антимикробная активность биоразлагаемых хитозан / органо-бентонитовых композитов [18]. Учитывалось влияние pH электролитов, поверхностно-активных веществ и температуры. Композиты бентонита с хитозаном, натриевого бентонита были протестированы против различных бактерий и грибов. Антимикробная активность композитов возрастала с увеличением значений ζ-потенциала. Наблюдались более сильные или равнозначные противомикробные эффекты, чем у контрольных. Авторы работы [19] изучали возможность применения бентонита натрия в качестве вспомогательного вещества в составе таблеток с замедленным высвобождением.

В работе авторов [20] монтмориллонит рассматривается как многообещающая эффективная кормовая добавка благодаря его рентабельности и почти без побочных эффектов. Монтмориллонит обладает высокой адсорбцией микотоксинов, бактерий, тяжелых металлов в кормах и организме животных, поэтому добавки к кормам животных имеют положительное влияние на биохимические показатели подопытных животных.

В литературе отсутствуют данные по изучению свойств бентонита юга Кыргызстана – Бешкентского бентонита.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования явился бентонит Бешкентского месторождения, который находится в Лейлекском районе Баткенской

области Кыргызстана на абсолютной высоте 1350–1450 м. Месторождение было разведано в 1968 г., доразведано в 1973–1974 гг. Мощность залегания колеблется от 5 до 20 м [21].

Для физико-химической характеристики бентонита был проведен химический анализ, определен гранулометрический состав и катионная емкость глины месторождения Бешкент.

Химический анализ глин проведен спектральным методом в лаборатории «Стюарт Эссей энд Инвайронментал лэборэторис» на приборе ICP OES Optima 7000 (индуктивно связанная плазма).

В табл. 1 показан химический состав глины Бешкент. По соотношению содержания оксида алюминия к диоксиду кремния глина Бешкент относится к бентонитовым глинам. По содержанию оксидов кальция,

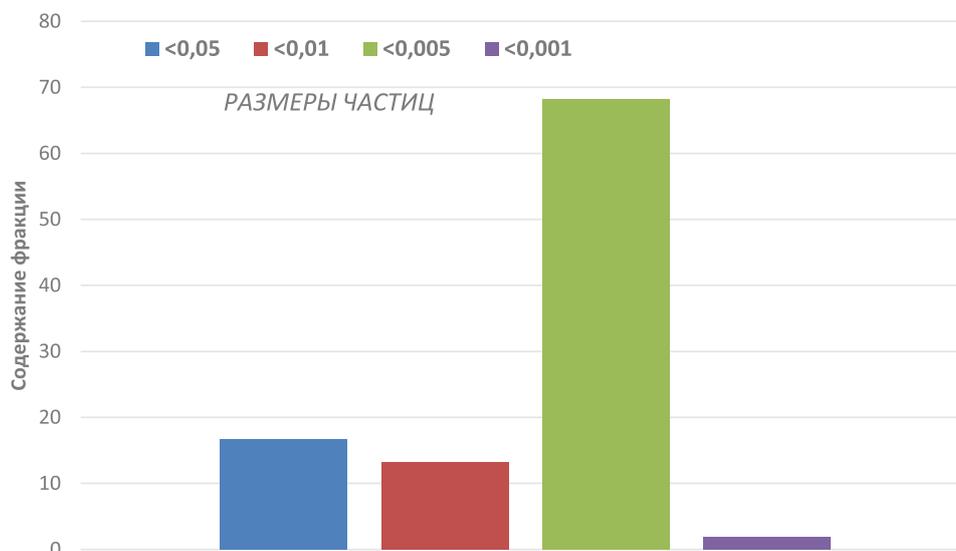
магния и углерода можно предположить наличие карбонатных пород в составе глины. В глине присутствуют незначительные количества оксидов железа, фосфора и титана.

Для характеристики степени дисперсности и структуры глин, которые являются одним из главных факторов, оказывающих существенное влияние на их различные физические и механические свойства, нами проводилось определение гранулометрического состава. Данные гранулометрического анализа приведены в табл. 2 и на рисунке. Как видно из приведенных данных исследования, в глине Бешкентского месторождения больше всего частиц с размерами < 0,005 мм (68,26%), а частиц с размерами < 0,001 мм всего 1,90%, содержание крупных частиц с размерами < 0,05 мм составляет 16,64%, а количество частиц размером < 0,01 мм составляет 13,20%.

Таблица 1

Химический состав глины Бешкентского месторождения, %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	П.П.П	сумма
50,70	9,26	14,79	4,21	5,06	3,18	0,94	3,10	0,28	0,56	16,02	0,55	5,19	98,7



Гранулометрический состав Бешкентской глины

Таблица 2

Гранулометрический состав глины Бешкентского месторождения

Диаметр частиц, мм	Глубина взятия пробы, см	Интервалы времени взятия пробы в зависимости от t °C		Содержание фракции, %
		22,5	25	
< 0,05	25	105 с	100 с	16,64
< 0,01	10	17 мин 33 с	16 мин 35 с	13,20
< 0,005	10	1 ч 45 мин 12 с	1 ч 6 мин 21 с	68,26
< 0,001	7	20 ч 28 мин 59 с	19 ч 21 мин 12 с	1,90

Таблица 3

Емкость обмена и состав обменных катионов глины Бешкентского месторождения

Месторождение глины	мг-экв на 100 г глины				рН водной суспензии
	Емкость обмена	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	
Бешкент	60	39,0	17,5	3,5	8,55

Для характеристики физико-химических свойств исследуемых глин нами определялась емкость обмена и состав обменных катионов по методу Бабко – Аскинази. Экспериментальные данные представлены в табл. 3. Здесь же указано значение рН водной суспензии глины.

Как видно из табл. 3, значение емкости обмена Бешкентской глины является не самым высоким согласно классификации глин по значению величины емкости обмена. Но все же полученное значение емкости обмена (60 мг-экв на 100 г глины) позволяет отнести глину Бешкентского месторождения к бентонитовым глинам; рН водной суспензии глины данного месторождения также говорит о том, что глина этого месторождения является бентонитовой.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные данные химического анализа позволяют отнести глину изученного месторождения к бентонитовым глинам по соотношению содержания оксида алюминия к диоксиду кремния. А также можно предположить о наличии карбонатных пород в составе глины по содержанию оксидов кальция, магния и углерода.

Гранулометрический анализ глины Бешкентского месторождения показал, что содержание крупных частиц с размерами < 0,05 мм составляет 16,64%, а количество частиц размером < 0,01 мм составляет 13,20%. Больше всего частиц с размерами < 0,005 мм (68,26%), а частиц с размерами < 0,001 мм всего 1,90%.

Значение емкости обмена Бешкентской глины является не самым высоким согласно классификации глин по значению величины емкости обмена. Но все же полученное значение емкости обмена позволяет отнести глину Бешкентского месторождения к бентонитовым глинам; рН водной суспензии глины данного месторождения также позволяет отнести ее к бентонитовой глине.

#### Заключение

1. Определены химический и гранулометрический состав глины месторождения Бешкент. По химическому составу и размерам частичек, образующих глину место-

рождения Бешкент, ее можно отнести к высокодисперсным, то есть к бентонитовым, что объясняет хорошие адсорбционные свойства этой глины.

2. Определено значение величины емкости обмена глины. По значению величины емкости обмена катионов изучаемая глина относится к бентонитовым глинам со средним значением величины емкости обмена.

#### Список литературы

1. Sidi Zhu, Mingzhu Xia, Yuting Chu, Muhammad Asim Khan, Wu Lei, Fengyun Wang, Tahir Muhmood Along Wang. Adsorption and Desorption of Pb (II) on L-Lysine Modified Montmorillonite and the simulation of Interlayer Structure. Applied Clay Science. 2019. Vol. 169. P. 40–47.
2. Gaiping Guo, Huafeng Tian, Qiangxian Wu. Influence of pH on the structure and properties of soy protein/montmorillonite nanocomposite prepared by aqueous solution intercalating. Applied Clay Science. 2019. Vol. 171. P. 14–19.
3. Ediana P. Rebitski, Gabriel P. Souza, Sirlane A.A. Santana, Sibebe B.C. Pergher, Ana C.S. Alcântara, Gabriel P. Souza, Sirlane A.A. Santana, Sibebe B.C. Pergher, Ana C.S. Alcântara Bionanocomposites based on cationic and anionic layered clays as controlled release devices of amoxicillin. Applied Clay Science. 2019. Vol. 173. P. 35–45.
4. Eleni Koutsopolou, Dimitris Papoulis, Panagiota Tsoilis-Katagas, Michael Komoros. Clay minerals used in sanitary landfills for the retention of organic and inorganic pollutants. Applied Clay Science. 2010. Vol. 49 (4). P. 372–382.
5. M. Isabel Carretero, Manuel Pozo. Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical and cosmetic industries. Part II. Active ingredients. Applied Clay Science. 2010. Vol. 49 (4). P. 372–382.
6. Günseli Özdemir, Saadet Yapar, Mine Hoşgör Limoncu. Preparation of cetylpyridinium montmorillonite for antibacterial applications. Applied Clay Science. 2013. Vol. 72. P. 201–205.
7. Stefan Dultz Jong-Hyok An, Beate Riebe. Organic cation exchanged montmorillonite and vermiculite as adsorbents for Cr (VI): Effect of layer charge on adsorption properties. Applied Clay Science. 2012. Vol. 67–68. P. 125–133.
8. Anirudhan T.S., Jalajamony S. Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by amine and carboxylate functionalised bentonites. Applied Clay Science. 2012. Vol. 65–66. P. 67–71.
9. Daniel A. Glatstein, Franco M. Francisca. Influence of pH and ionic strength on Cd, Cu and Pb removal from water by adsorption in Na-bentonite. Applied Clay Science. 2015. Vol. 118. P. 61–67.
10. Ömer Şahin, Mustafa Kaya, Cafer Saka. Plasma-surface modification on bentonite clay to improve the performance of adsorption of methylene blue. Applied Clay Science. 2015. Vol. 116–117. P. 46–53.
11. Sarah C. Motshekga. Suprakas Sinha Ray, Maurice S. Onyango, Maggie N.B. Momba. Preparation and antibacterial activity of chitosan-based nanocomposites containing bentonite-supported silver and zinc oxide nanoparticles for water disinfection. Applied Clay Science. 2015. Vol. 114. P. 330–339.
12. Janaina Nones, Jader Nones, Humberto Gracher Riella, Nivaldo Cabral Kuhn, Andrea Trentin. Bentonite protects neural crest stem cells from death caused by aflatoxin B1. Applied Clay Science. 2015. Vol. 104. P. 119–127.

13. Elif Çalışkan Salihi, Mehmet Mahramanlı oğlu. Equilibrium and kinetic adsorption of drugs on bentonite: Presence of surface active agents effect. *Applied Clay Science*. 2014. Vol. 101. P. 381–389.
14. Юсуке Тойота, Масами Окамото, Шуичи Аракава. New opportunities for drug delivery carrier of natural allophane nanoparticles on human lung cancer A549 cells. *Applied Clay Science*. 2017. Vol. 143. P. 422–429.
15. Fatemeh Bazmi Zeynabad, Roya Salehi, Mehrdad Mahkam. Design of pH-responsive antimicrobial nanocomposite as dual drug delivery system for tumor therapy. *Applied Clay Science*. 2017. Vol. 141. P. 23–35.
16. Nirmla Devi, Joydeep Dutta. Preparation and characterization of chitosan-bentonite nanocomposite films for wound healing application. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017. Vol. 104 (B). P. 1897–1904.
17. Sarah C. Motshekga, Suprakas Sinha Ray. Highly efficient inactivation of bacteria found in drinking water using chitosan-bentonite composites: Modelling and breakthrough curve analysis. *Water Research*. 2017. Vol. 111. P. 213–223.
18. Mehmet Cabuk, Yusuf Alan, H. Ibrahim Unal. Enhanced electrokinetic properties and antimicrobial activities of biodegradable chitosan/organo-bentonite composites. *Carbohydrate Polymers*. 2017. Vol. 161. P. 71–81.
19. Jamal Alyoussef Alkrad, Reham Abu Shmeis, Iyad Alshwabkeh, Husam Abazid, Mohammad Amin Mohammad. Investigation of the potential application of sodium bentonite as an excipient in formulation of sustained release tablets. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017. Vol. 12 (3). P. 259–265.
20. Jia HuiLiu, Wen Kai Cai, Nafeesa Khatoon, Wei Hua Yuc Chun Hui Zhou. On how montmorillonite as an ingredient in animal feed functions. *Applied Clay Science*. 2021. Vol. 202. P. 105963.
21. Минеральные ресурсы неметаллических полезных ископаемых Кыргызской Республики: справочник. Бишкек, 1996. С. 232–235.