

# ОБОГАЩЕНИЕ БЕНТОНИТА НАВБАХОР ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МОНТМОРИЛЛОНИТА ОСНОВНОГО МИНЕРАЛА

<sup>1</sup>Мамадолиев Икромжон Илхомидинович,

<sup>2</sup>Абдикамалова Азиза Бахтияровна,

<sup>3</sup>Сейтназарова Оксана Муратбаевна,

<sup>4</sup>Кулдашева Шахноза Абдулазизовна

<sup>1</sup>доцент, Ташкентский международный университет Кимё Самаркандский филиал

<sup>2</sup>д.х.н., профессор, главный научный сотрудник ИОНХ АН РУз

<sup>3</sup>DSc, доцент, кафедра физической и коллоидной химии, Каракалпакский государственный университет, г. Нукус, Республика Узбекистан;

<sup>4</sup>д.х.н., профессор, проректор по научной работе и инновациям Термезского педагогического института

**Аннотация.** В статье исследован процесс обогащения бентонитовой глины Навбахорского месторождения с целью повышения содержания монтмориллонита - основного сорбционно-активного минерала. Разработан комплексный метод, включающий механическое разделение, отмучивание и обработку кальцинированной содой ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), направленный на удаление неглинистых примесей и повышение качества глинистого сырья.

Результаты рентгенофазового анализа показали увеличение содержания монтмориллонита с 44,5% до 91,8% при значительном снижении кварца и других примесей. Гранулометрический анализ выявил рост доли мелкодисперсной фракции ( $\leq 1$  мкм), что способствует увеличению удельной поверхности и улучшению адсорбционных свойств материала. Изменения в оксидном составе подтверждают снижение содержания кремнеземных и железосодержащих примесей и концентрацию алюмосиликатной фазы. Установлено, что обогащённый бентонит характеризуется повышенной катионообменной ёмкостью, дисперсностью и гидрофильностью. Полученный материал может быть использован в

сорбционно-ионообменных технологиях очистки водных сред и других экологически ориентированных процессах.

**Ключевые слова:** бентонит, монтмориллонит, обогащение, адсорбционные свойства, рентгенофазовый анализ.

## ENRICHMENT OF NAVBAKHOR BENTONITE TO INCREASE THE CONTENT OF MONTMORILLONITE THE MAIN MINERAL

<sup>1</sup>**Ikromjon Ilkhomidinovich Mamadoliev,**

<sup>2</sup>**Aziza Bakhtiyarovna Abdikamalova,**

<sup>3</sup>**Oksana Muratbaevna Seitnazarova,**

<sup>4</sup>**Shakhnoza Abdulazizovna Kuldasheva**

<sup>1</sup> Associate Professor, Tashkent International Kimyo University, Samarkand Branch

<sup>2</sup> Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup>DSc, Associate Professor, Department of Physical and Colloid Chemistry, Karakalpak State University, Nukus, Republic of Uzbekistan;

<sup>4</sup>Dr. of Chemical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Termez Pedagogical Institute

**Abstract.** This article examines the enrichment of bentonite clay from the Navbahor deposit to increase the content of montmorillonite, the main sorption-active mineral. A comprehensive method has been developed, including mechanical separation, elutriation, and treatment with soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), aimed at removing non-clay impurities and improving the quality of the clay raw material. X-ray phase analysis results showed an increase in montmorillonite content from 44.5% to 91.8%, with a significant reduction in quartz and other impurities. Granulometric analysis revealed an increase in the fine fraction ( $\leq 1 \mu\text{m}$ ), which contributes to an increase in the specific surface area and improved adsorption properties of the material. Changes in the oxide composition confirm a decrease in the content of silica and iron-containing impurities and the concentration of the aluminosilicate phase.

It was established that the enriched bentonite is characterized by increased cation-exchange capacity, dispersion, and hydrophilicity. The resulting material can be used in sorption-ion-exchange technologies for water purification and other environmentally friendly processes.

**Keywords:** bentonite, montmorillonite, enrichment, adsorption properties, X-ray phase analysis.

### **Введение**

С целью выявления потенциальных сорбентов были исследованы монтмориллонитовые глины Навбахорского месторождения (Навоийская область). Данное месторождение было выбрано среди других месторождений Узбекистана на основании того, что глины этого месторождения имеют более высокое содержание монтмориллонита [1], и общие запасы. Навбахорский бентонит, как местное сырье, имеет перспективу для использования в различных областях, включая очистку водных сред и другие процессы, связанные с охраной окружающей среды и промышленным производством[2]. Данные исследования предоставляют базу для дальнейших экспериментальных работ и разработки новых технологий на основе Навбахорского бентонита, что способствует развитию устойчивых и экологически чистых процессов в различных областях науки и промышленности[3,4].

### **Экспериментальная часть**

Исследования по обогащению бентонитовой глины для увеличения содержания монтмориллонита актуальны, так как это повышает адсорбционные качества глины, способствует экологически безопасному применению и открывает новые возможности в нанотехнологиях [5]. Улучшенный бентонит может заменить синтетические материалы, снижая затраты и вредное воздействие на окружающую среду, обеспечивая экономическую выгоду и удовлетворяя специфические промышленные потребности. В исследовании по обогащению бентонита для создания адсорбентов применялись следующие методы:

1. Механическое разделение и отмучивание: это помогает отделять более крупные частицы и удалять неглинистые примеси, песок и другие нежелательные материалы, включая более тяжелые минералы. Отмучивание основано на различиях в поверхностной активности минералов для разделения бентонита от примесей.

2. Обработка раствором кальцинированной соды: этот процесс направлен на увеличение содержания монтмориллонита за счет удаления солей кальция и магния.

Процедура начинается с первичной очистки глины от крупных примесей и визуальных загрязнений, за которой следует сушка в сушильном шкафу при температуре  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  до полного удаления влаги [6]. После сушки глина измельчается на лабораторной мельнице и просеивается через сито, чтобы отделить фракции размером менее 1 мм. Затем мелкоизмельченная глина заливается дистиллированной водой в таком соотношении, чтобы глина была полностью покрыта водой. Полученная смесь оставляется на 48 часов для набухания. Далее в смесь добавляют воду в двойном объеме по отношению к системе и тщательно перемешивают в течение 30 минут. После этого смесь оставляют на 15-20 минут, а затем производят декантацию из верхнего слоя (20 см) для отделения песчаных частиц от монтмориллонита. В собранный верхний слой добавляется кальцинированная сода, масса которой рассчитывается согласно установленной формуле.

$$M = 0,01 \left( \frac{m - V}{0,6} \right), \quad 2.1$$

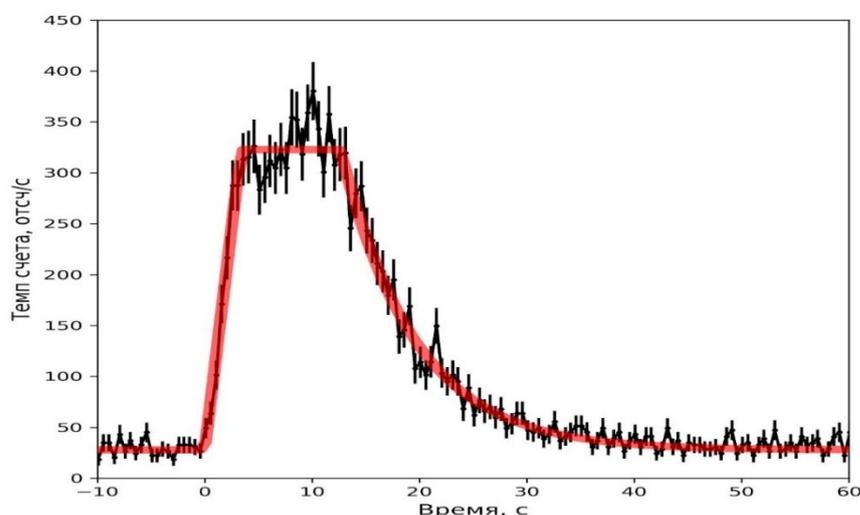
где,  $M$  – масса модификатора ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), г;  $m$  – масса суспензии, г;  $V$  – объем суспензии, мл; 0,6 – поправочный коэффициент, зависящий от плотности сухой глины ( $2,5 \text{ г/см}^3$ ).

Этот метод позволяет получить бентонит, обогащенный монтмориллонитом, с минимальным содержанием песчаных

примесей. Рентгенофазовым анализом установлено, что в результате обогащения увеличилось содержание монтмориллонита, клиноптилолита, иллита за счет снижения содержания не глинистых минералов, а прежде всего низкотемпературного тригонального кварца.

На рентгеновских дифрактограммах различные минералы проявляют себя специфическими линиями дифракции, которые могут быть использованы для их идентификации. Подобные линии формируются из-за кристаллической структуры минерала и распределения атомов в этой структуре. На дифрактограммах для обогащенных образцов с размерами частиц глинистых минералов менее 10 мкм наблюдается уменьшение интенсивности рефлексов низкотемпературного кварца (0,428; 0,182; 0,154 нм) и увеличение интенсивности рефлексов монтмориллонита (1,349; 1,253; 1,257; 0,173 нм) в 2-4 раза. Линия дифракции для щелочного монтмориллонита проявляется при значениях  $2\theta$  около  $12,4^\circ$ , что соответствует межслоевому расстоянию около 7,1 Å. Для кварца одной из ключевых линий дифракции появляется при  $2\theta$  около  $26,6^\circ$ .

Иллит в дифрактограммах имеет отличительную дифракционную линию при  $2\theta$  около  $8,7^\circ$  (соответствует межслоевому расстоянию около 10,3 Å). Это значение показывает, что данный образец связан большим количеством молекул воды и доказывает сравнительно большее содержание калия в химическом составе образца.



### Рис. 1. Дифрактограмма обогащенного БК.

На основе РФА можно утверждать, что в обогащенных образцах присутствуют сорбционно-активные минералы, такие как монтмориллонит и гидрослюда. При этом наибольшее их содержание наблюдается в фракциях с размером частиц меньше 1 мкм.

### Результаты и их обсуждение

Из-за увеличения количества и интенсивности рефлексов, которые описывают монтмориллонит как сорбционно-активный минерал, можно предположить, что обогащение глин усилит их сорбционные свойства. В табл. 1 приводятся данные установления минералогического состава образцов на основе рентгенофазового анализа[7,8].

Таблица 1.

Минералогический состав образцов, %

Образец	ММ	кварц	каолин	иллит	хлориды	примеси
Исход.	44,5	10,1	9,8	23,5	2,3	9,8
Обогащ.	91,8	0,2	0,9	6,1	0,1	0,9

Анализ минералогического состава глин показывает значительные изменения после обогащения. В обогащенном образце его содержание значительно увеличивается с 44,5 до 91,8%, что свидетельствует об эффективности процесса обогащения в концентрации этого ключевого компонента. Содержание кварца резко уменьшается с 10,1% в исходном образце до 0,2% в обогащенном. Это указывает на успешное удаление этого минерала, который не способствует адсорбционным свойствам глины.

Содержание каолина также снижается, хотя в меньшей степени, с 9,8% до 0,9%. Также уменьшается доля иллита (с 23,5 до 6,1%), что способствует повышению адсорбционных качеств бентонита.

Значительно снижается % содержание хлоридов, что свидетельствует об эффективности метода обогащения в удалении нежелательных компонентов. В целом, обогащение приводит к

значительному улучшению качества бентонита за счет увеличения доли монтмориллонита и уменьшения содержания примесей и других минералов.

Изменение в минералогическом составе влияет на дисперсность изучаемых образцов, у их обогащенных форм наблюдается повышение дисперсности несколько раз (табл. 2).

Таблица 2.

Гранулометрический состав обогащенного БК, %

Размеры частиц, мкм					
$\leq 1$	1-5	5-10	10-63	63-100	100-1000
18,3	30,1	15,2	17,3	11,2	7,9

Анализируя гранулометрический состав обогащенного бентонита (БК) и сравнивая его с необогащенным, можно заметить увеличение мелкой фракции ( $\leq 1$  мкм). Обогащенный БК содержит больше частиц размером  $\leq 1$  мкм по сравнению с необогащенным. Это свидетельствует о более высоком содержании мелких частиц, что улучшает адсорбционные свойства. В составе обогащенного бентонита также увеличивается фракция 1-5 мкм.

Обогащенная бентонитовая глина характеризуется более тонким дисперсным составом, что улучшает её адсорбционные качества и удельную площадь поверхности, делая её более пригодной для специфических применений. Процесс декантации эффективно удаляет более крупные частицы, снижая их содержание в составе глины. Кроме того, обработка кальцинированной содой усиливает дробление глины, облегчая отделение мелких частиц. Таким образом, применённые методы обогащения значительно модифицируют гранулометрический состав бентонита, увеличивая долю мелких фракций и потенциально улучшая функциональные свойства материала.

На основе представленных данных химического состава образцов до и после обогащения можно заметить, что в обогащенном бентоните после обогащения концентрация  $\text{SiO}_2$  незначительно снижается.

Таблица 3.

Оксидный состав (%) обогащенного образца БК

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3+$ $\text{TiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	$\text{CO}_2$	п.п.п.
56,5	18,8	1,2	0,9	0,7	6,4	2,3	0,1	0,1	0,2	12,8

Как можно увидеть из данных табл. 3 содержание  $\text{SiO}_2$  уменьшилось в обогащенном образце, что указывает на удаление некоторых кремнеземных примесей в процессе обогащения, а увеличение содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в обогащенном образце свидетельствует о концентрации алюмосиликатных компонентов, что является положительным аспектом для улучшения адсорбционных свойств.

Значительное снижение содержания железа и титана указывает на эффективное удаление этих примесей. Увеличение содержания натрия и калия способствует улучшению свойств бентонита, например, его вздутия и пластичности. Повышенные потери при прокаливании в обогащенном бентоните свидетельствуют о увеличении его гидрофильности, что обусловлена повышением содержания монтмориллонита. Монтмориллонит, как гидрофильный минерал, способствует удержанию воды в структуре глины. Это увеличение концентрации монтмориллонита является результатом удаления свободного кварца, песчаных частиц и других примесей в процессе обогащения. Обогащение влияет на химический и минералогический состав бентонита, потенциально улучшая его адсорбционные качества и пластичность. Разработанный метод обогащения бентонита отличается от традиционных подходов тем, что в нем используется комбинация механического разделения, отмучивания и химической обработки. Основное внимание уделяется удалению

неглинистых примесей и улучшению качества монтмориллонита. Это достигается через тщательную первичную очистку, последующее измельчение и просеивание глины, а также длительное набухание в дистиллированной воде. Ключевым этапом является добавление кальцинированной соды, что позволяет увеличить содержание монтмориллонита за счет удаления кальция и магния, улучшая таким образом адсорбционные свойства бентонита.

### **Заключение**

Проведённое обогащение Навбахоркого бентонита обеспечивает удаление инертных примесей и увеличение доли монтмориллонитовой фазы, что подтверждается изменениями оксидного состава, ростом содержания связанной воды и снижением карбонатной составляющей. Существенное повышение катионообменной ёмкости свидетельствует об усилении функциональной активности обогащённого материала. Полученный бентонит со стандартизированной гранулометрией может рассматриваться как перспективная основа для последующей модификации и применения в сорбционно-ионообменных технологиях очистки водных сред. Гранулометрический состав обогащенного бентонита демонстрирует увеличение мелкой фракции и повышение дисперсности, что улучшает адсорбционные качества и удельную площадь поверхности. Кроме того, изменения в химическом составе, включая уменьшение содержания кремнезема и увеличение алюмосиликатных компонентов, способствуют улучшению свойств бентонита. Значительное снижение содержания железа и титана в обогащенных образцах указывает на успешное удаление этих примесей.

### **Список использованной литературы:**

1. Bergaya F., Lagaly G. Handbook of Clay Science. - Elsevier, 2023. - 980 p.
2. Uddin M.N., Hossain M.T. Advances in nanoclay materials: synthesis and applications // Materials Today Communications. - 2022. - Vol. 32. - P. 1488-1511.

3. Zhang Y., Xu L. Structural classification and applications of clay minerals // Applied Clay Science. - 2021. - Vol. 210. - P. 103-108.
4. Wang L., Gao M. Clay-based nanostructured materials for environmental applications // Environmental Research. - 2023. - Vol. 216. - P. 315-318.
5. Liu H., Jiang T. Recent developments in synthetic layered silicates // Journal of Materials Chemistry A. - 2020. - Vol. 8, №2. - P. 623-627.
6. Mukherjee S., Das R. Influence of isomorphous substitution on clay mineral properties // Colloids and Surfaces A. - 2022. - Vol. 643. - P. 121-124.
7. Кенжаев А. Б., Машарипов К.К., Мамадолиев И.И., Эшметов Р.Ж., Абдикамалова А.Б., Кулдашева Ш.А. Катионообменный комплекс обогащенного бентонита и синтетического лапонита // TerDPI ilmiy Xabarnomasi // 2025/ 4-son.138-143 бетлар,
8. Машарипова З. Р., Хайдаров Д., Машарипов К.К., Кенжаев А. Б., Мамадолиев И.И., Эшметов Р.Ж., Абдикамалова А.Б., Кулдашева Ш.А. Исследование влияния процесса обогащения на состав и характеристики бентонита // Development of science ilmiy jurnali 2026/2.181-187 бетлар