

Адсорбционная способность глин, модифицированных поверхностно-активными веществами и коллоидами серебра

© Никишина* Мария Борисовна, Переломов* Леонид Викторович,

Иванова⁺ Евгения Владимировна, Мартыненко Маргарита Евгеньевна

Кафедра химии. Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого.

пр. Ленина, 125. г. Тула, 300026. Россия. Тел.: +7 960 611 5086. E-mail: otela005@gmail.com

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: бентонит, ПАВ, коллоидный раствор, серебро, адсорбционная способность.

Аннотация

Разработка высокоэффективных адсорбционных систем для очистки вод от ионов тяжелых металлов является одним из актуальных направлений научных исследований в области решения экологических проблем. В публикации изложены результаты изучения адсорбционной эффективности твердых сорбентов на основе бентонита, модифицированного поверхностно-активными веществами (ПАВ) различной ионной природы и коллоидами серебра, синтезированными на их основе. В качестве модификаторов изучены пять ПАВ анионной, амфотерной и неионогенной природы: лауретсульфат натрия (ПАВ 1), кокоиминодипропионат натрия (ПАВ 2), диэтаноламид кокосового масла (ПАВ 3), кокоамфодиацетатдинатрия (ПАВ 4) и алкилполиглюкозид, C8-C14 (ПАВ 5).

Предварительно был проведен синтез коллоидных частиц серебра с использованием выбранных ПАВ различной концентрации. Методом УФ спектроскопии было доказано, что все выбранные растворы ПАВ восстанавливают серебро и образуют коллоидные частицы. Максимальный эффект был обнаружен при использовании ПАВ 2, ПАВ 3 и ПАВ 5. Оптическая плотность при этом увеличивалась более чем в 20 раз.

Бентонит предварительно переводили в моноионную форму, затем модифицировали коллоидными растворами серебра, синтезированными при помощи указанных ПАВ. Адсорбционную способность модифицированного бентонита исследовали по отношению к ионам цинка из растворов с концентрациями 0,2, 0,6, 6,0, 7,0 и 10,0 ммоль/л. Равновесную концентрацию ионов цинка в растворе определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Квант-2МТ». Полученные результаты демонстрировали высокую адсорбционную ёмкость исследуемых материалов при различной исходной концентрации соли цинка в растворе. Максимальная степень сорбции – от 94,37 до 65,65% наблюдалась для бентонита, модифицированного ПАВ 1 и коллоидами на его основе во всем интервале концентраций цинка, что значительно превышало результаты, полученные для исходного необработанного бентонита.

Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы с помощью моделей Ленгмюра и Фрейндлиха. Результаты показали, что адсорбция на всех исследуемых образцах модифицированного бентонита не подчиняется уравнению Ленгмюра, и является полимолекулярным процессом, протекающим на активных центрах сложной структуры. В случае использования ПАВ 2 характер изотермы адсорбции указывает на преобладание взаимодействия между адсорбированными частицами на твердой поверхности.

По экспериментальным данным были построены изотермы адсорбции. Характер кривой зависимости величины адсорбции от равновесной концентрации ионов цинка в растворе однозначно указывает на протекание адсорбционного процесса в несколько стадий с последовательным образованием слоев. Полученные данные позволяют предположить образование комплексных структур с участием ПАВ, коллоидов серебра и ионов цинка.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Никишина М.Б., Переломов Л.В., Иванова Е.В., Мартыненко М.Е. Адсорбционная способность глин, модифицированных поверхностно-активными веществами и коллоидами серебра.

Бутлеровские сообщения. 2025. Т.84. №12. С.49-56. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-49

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Никишина М.Б., Переломов Л.В., Иванова Е.В., Мартыненко М.Е. Адсорбционная способность глин, модифицированных поверхностно-активными веществами и коллоидами серебра.

Бутлеровские сообщения А. 2025. Т.11. №4. Id.16. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-49/ROI-jbc-RA/25-11-4-16

The output for citing the English online version of the article:

Maria B. Nikishina, Leonid V. Perelomov, Evgenia V. Ivanova, Margarita E. Martynenko. Adsorption capacity of clays modified with surfactants and silver colloids. *Butlerov Communications A*. **2025**. Vol.11. No.4. Id.16. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-49/ROI-jbc-A/25-11-4-16

Литература

- [1] Иканина Е.В., Марков В.Ф., Каляева М.И. Композиционные сорбенты для извлечения тяжелых металлов – итоги последних лет. *Бутлеровские сообщения*. **2016**. Т.48. №11. С.101-113. ROI: jbc-01/16-48-11-101. [E.V. Ikanina, V.F. Markov, M.I. Kalyaeva. Composite sorbents for the extraction of heavy metals – results of recent years. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.48. No.11. P.101-113. ROI: jbc-01/16-48-11-101 (Russian)].
- [2] Никишина М.Б., Иванова Е.В., Атрощенко Ю.М., Шахкельдян И.В., Кобраков К.И., Блохин И.В., Мухторов Л.Г., Песцов Г.В. Биологическая активность коллоидных растворов серебра, полученных с помощью экстракта *Salix caprea*. *Бутлеровские сообщения*. **2019**. Т.60. №10. С.54-59. ROI: jbc-01/19-60-10-54. [M.B. Nikishina, E.V. Ivanova, Yu.M. Atroshchenko, I.V. Shakhkeldyan, K.I. Kobrakov, I.V. Blokhin, L.G. Mukhtorov, G.V. Pestsov. Biological activity of colloidal silver solutions obtained using the extract of *Salix caprea*. *Butlerov Communications*. **2019**. Vol.60. No.10. P.54-59. ROI: jbc-01/19-60-10-54 (Russian)].
- [3] M. Gertsen, L. Perelomov, A. Kharkova, M. Burachevskaya, S. Hemalatha, Y. Atroshchenko. Removal of lead cations by novel organoclays derived from bentonite and amphoteric and nonionic surfactants. *Toxics*. **2024**. 12. 713. DOI: 10.3390/toxics12100713
- [4] Переломов Л., Манджиева С., Минкина Т., Атрощенко Ю., Переломова И., Бауэр Т., Пински Д., Барахов А.В. Синтез глиноорганических глин на основе глинистых минералов с различной способностью структурного расширения. *Минералы*. **2021**. 11. С.707. [L. Perelomov, S. Mandzhieva, T. Minkina, Yu. Atroshchenko, I. Perelomova, T. Bauer, D. Pinsky, A.V. Barakhov. Synthesis of organoclay clays based on clay minerals with different structural expansion capabilities. *Minerals*. **2021**. 11. P.707. (Russian)]
- [5] T. Dudnikova, M. Burachevskaya, T. Minkina, S. Mandzhieva, I. Zamulina, L. Perelomov, M. Gertsen. Sorption properties of bentonite-based organoclays with amphoteric and nonionic surfactants in relation to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Minerals*. **2024**. 14. 1132. DOI: 10.3390/min14111132
- [6] Хименес-Кастањеда М.Е., Медина Д.И. Использование модифицированных поверхностно-активными веществами цеолитов и глин для удаления тяжелых металлов из воды. *Вода*. **2017**. 9. 235. [M.E. Jimenez-Castañeda, D.I. Medina. Use of surfactant-modified zeolites and clays for the removal of heavy metals from water. *Water*. **2017**. 9. 235. (Russian)]
- [7] Лимузен Г., Gaudet J.P., Шарлет Л., Szenknect S., Барт В., Кримисса М. Изотермы сорбции: обзор физических основ, моделирование и измерения. *Приложение Геохим*. **2007**. 22. С.249-275. [G. Limousin, J.P. Gaudet, L. Charlet, S. Szenknect, W. Barth, M. Crimissa. Sorption isotherms: a review of physical principles, modeling and measurements. *Suppl. Geochem*. **2007**. 22. P.249-275. (Russian)]
- [8] С. Пандей. Всесторонний обзор последних разработок материалов на основе бентонита, используемых в качестве адсорбентов для очистки сточных вод. *Журнал молекулярных жидкостей*. **2017**. 241. С.1091-1113. DOI: 10.1016/j.molliq.2017.06.115 [S. Pandey. A comprehensive review on recent developments in bentonite-based materials used as adsorbents for wastewater treatment. *J. Mol. Liq*. **2017**. 241. P.1091-1113. DOI: 10.1016/j.molliq.2017.06.115]
- [9] Борисков Д.Е., Комарова Н.А., Кузьмин А.А. Изучение адсорбции ионов цинка на природном и модифицированном диатомитах при низких концентрациях адсорбата. *Инновационная техника и технология*. **2022**. Т.9. №2. С.52-57. [D.E. Boriskov, N.A. Komarova, A.A. Kuzmin. Study of zinc ion adsorption on natural and modified diatomites at low adsorbate concentrations. *Innovative Equipment and Technology*. **2022**. Vol.9. No.2. P.52-57. (Russian)]
- [10] Maria B. Nikishina, Leonid V. Perelomov, Evgenia V. Ivanova, Margarita E. Martynenko. Adsorption capacity of clays modified with surfactants and silver colloids. *Butlerov Communications A*. **2025**. Vol.11. No.4. Id.16. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-49/ROI-jbc-A/25-11-4-16
- [11] Никишина М.Б., Переломов Л.В., Иванова Е.В., Мартыненко М.Е. Адсорбционная способность глин, модифицированных поверхностно-активными веществами и коллоидами серебра. *Бутлеровские сообщения A*. **2025**. Т.11. №4. Id.16. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-49/ROI-jbc-RA/25-11-4-16

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications A
Advances in Organic Chemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-A/25-11-4-16

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-84-12-49/ROI-jbc-A/25-11-4-16

Adsorption capacity of clays modified with surfactants and silver colloids

Maria B. Nikishina,* Leonid V. Perelomov,* Evgenia V. Ivanova,⁺ Margarita E. Martynenko

Department of Chemistry. Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University. Lenina St., 125.

Tula, 300026. Russia. Phone: +7 960 611 5086. E-mail: omela005@gmail.com

*Supervising author; ⁺Corresponding author

Keywords: bentonite, surfactant, colloidal solution, silver, adsorption capacity.

Abstract

The development of highly efficient adsorption systems for water purification from heavy metal ions is one of the current areas of scientific research in the field of solving environmental problems. The publication presents the results of a study of the adsorption efficiency of solid sorbents based on bentonite modified with surfactants of various ionic nature and silver colloids synthesized on their basis. Five surfactants of anionic, amphoteric and nonionic nature were studied as modifiers: sodium laureth sulfate (surfactant 1), sodium cocoiminodipropionate (surfactant 2), coconut oil diethanolamide (surfactant 3), disodium cocoamphodiacetate (surfactant 4) and alkyl polyglucoside, C8-C14 (surfactant 5).

Colloidal silver particles were first synthesized using selected surfactants at varying concentrations. UV spectroscopy demonstrated that all selected surfactant solutions reduced silver and formed colloidal particles. The maximum effect was observed when using surfactants 2, 3 and 5. The optical density increased more than 20 times.

Bentonite was first converted to a monoionic form and then modified with colloidal silver solutions synthesized using the indicated surfactants. The adsorption capacity of the modified bentonite was studied for zinc ions from solutions with concentrations of 0.2, 0.6, 6.0, 7.0, and 10.0 mmol/L. The equilibrium concentration of zinc ions in the solution was determined using atomic absorption spectrometry on a Quantum-2MT instrument. The results demonstrated the high adsorption capacity of the studied materials at various initial zinc salt concentrations in the solution. The maximum degree of sorption – from 94.37 to 65.65% – was observed for bentonite modified with surfactant 1 and colloids based on it in the entire range of zinc concentrations, which significantly exceeded the results obtained for the original untreated bentonite.

The obtained experimental data were approximated using the Langmuir and Freundlich models. The results showed that adsorption on all studied samples of modified bentonite does not obey the Langmuir equation, and is a polymolecular process occurring on active centers of a complex structure. In the case of using surfactant 2, the nature of the adsorption isotherm indicates the predominance of interaction between adsorbed particles on the solid surface.

Adsorption isotherms were constructed using experimental data. The nature of the curve, which plots the adsorption magnitude versus the equilibrium concentration of zinc ions in the solution, clearly indicates that the adsorption process proceeds in several stages with the sequential formation of layers. The obtained data suggest the formation of complex structures with the participation of surfactants, silver colloids and zinc ions.