

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТБЕЛЬНОЙ ГЛИНЫ**С.В. Свергузова, И.Г. Шайхиев, Ж.А. Сапронова, Н.С. Лупандина, Ю.С. Воронина, Р.Р. Гафаров**

Светлана Васильевна Свергузова (ORCID 0000-0002-3845-8741)*, Жанна Ануаровна Сапронова (ORCID 0000-0003-1410-0179), Наталья Сергеевна Лупандина (ORCID 0000-0002-4473-5080), Юлия Сергеевна Воронина (ORCID 0000-0001-6125-0239), Решат Решатович Гафаров (ORCID 0000-0003-2032-3408)

Кафедра промышленной экологии, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, Белгород, Российская Федерация, 308012
E-mail: pe@intbel.ru*

Ильдар Гильманович Шайхиев (ORCID 0000-0001-9160-0412)

Кафедра инженерной экологии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, Российская Федерация, 420015
E-mail: ildars@inbox.ru

В работе изложены результаты исследования физико-химических свойств отработанной (зажиренной) отбеленной глины после использования её на маслоэкстракционном предприятии для очистки растительного масла от окрашенных веществ. В исследованиях использовали рентгенофазовый, ИК-спектральный, гранулометрический, электронно-микроскопический анализ. Исследовалась глина исходная и зажиренная термообработанная при 300 °С и 350 °С. Выявлено, что исследуемая глина является мономинеральной с преобладанием монтмориллонитовой составляющей, в качестве примеси присутствует кварц. Лазерный гранулометрический анализ исследуемых образцов глины показал, что частицы отбеленной глины в основной своей массе имеют размеры, не превышающие 100-200 мкм, и пористую высокоразвитую поверхность, а удельная поверхность ($S_{уд}$), определенная по методу БЭТ на установке TriStar II 3020 производства Micromeritics (US), составляет 32 м²/г. Исследования сорбционных свойств отбеленной глины показали, что сорбционная емкость, определенная в статических условиях для исходной глины по ионам Ni^{2+} , составляет 0,25 ммоль/г, а для обожженной – 0,428 ммоль/г, что в 1,7 раза выше по сравнению с исходной глиной. Это, по-видимому, можно объяснить увеличением удельной поверхности и пористости при термообработке. Анализ микрофотографий, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA3 LMU (Чехия), показал, что структура отбеленной глины состоит из пористого инертного материала, причем его пористость и шероховатость в результате термообработки увеличиваются. Изучение образцов глины в инфракрасном излучении показало, что в ходе термообработки отработанной зажиренной отбеленной глины меняются ее структурные особенности: происходит разрушение триглицеридов жирных кислот и других органических соединений, присутствующих в масле после отбеливания.

Ключевые слова: отбеленная глина, адсорбция, сорбционная емкость, удельная поверхность, физико-химические свойства

Для цитирования:

Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Сапронова Ж.А., Лупандина Н.С., Воронина Ю.С., Гафаров Р.Р. Физико-химические свойства отбеленной глины. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 6. С. 76–84. DOI: 10.6060/ivkkt.20236606.6780.

For citation:

Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Saponova Zh.A., Lupandina N.S., Voronina Yu.S., Gafarov R.R. Physical and chemical properties of bleaching clay. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 6. P. 76–84. DOI: 10.6060/ivkkt.20236606.6780.

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BLEACHING CLAY

S.V. Svergzova, I.G. Shaikhiev, Zh.A. Sapronova, N.S. Lupandina, Yu.S. Voronina, R.R. Gafarov

Svetlana V. Svergzova (ORCID 0000-0002-3845-8741)*, Zhanna A. Sapronova (ORCID 0000-0003-1410-0179), Natalya S. Lupandina (ORCID 0000-0002-4473-5080), Yulia S. Voronina (ORCID 0000-0001-6125-0239), Reshat R. Gafarov (ORCID 0000-0003-2032-3408)

Department of Industrial Ecology, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Kostyukova st., 46, 308012, Russia

E-mail: pe@intbel.ru*

Ildar G. Shaikhiev (ORCID 0000-0001-9160-0412)

Department of Engineering Ecology, Kazan National Research Technological University, Karl Marx st., 68, Kazan, Rep. Tatarstan, 420015, Russia

E-mail: ildars@inbox.ru

The paper presents the study results of physicochemical properties of used (fatty) bleaching clay after using it at an oil extraction plant to purify vegetable oil from colored substances. In the studies X-ray phase, IR-spectral, granulometric, electron microscopic analyzes were used. The original and fattened heat-treated at 300 °C and 350 °C clay was studied. It was revealed that the studied clay is monomineral with a predominance of the montmorillonite component and quartz is present as an impurity. Laser granulometric analysis of the studied clay samples showed that the bleaching clay particles in their bulk have a size not exceeding 100-200 μm and a porous highly developed surface. The specific surface area (S_{sp}) determined by the BET method on a TriStar II 3020 unit manufactured by Micromeritics (US) is 32 m²/g. Studies of the bleaching clay sorption properties showed that the sorption capacity determined under static conditions for the original clay by Ni²⁺ ions is 0.25 mmol/g. And for the fired clay it is 0.428 mmol/g, which is 1.7 times higher compared to the original clay. This, apparently, can be explained by an increase in the specific surface area and porosity during heat treatment. Analysis of micrographs obtained using a high-resolution scanning electron microscope TESCAN MIRA3 LMU (Czech Republic) showed that the bleaching clay structure consists of a porous inert material, and its porosity and roughness increase as a result of heat treatment. The IR study of clay samples has shown that during the heat treatment of used greased bleached clay, its structural features change: the destruction of triglycerides of fatty acids and other organic compounds present in the oil after bleaching occurs.

Key words: bleaching clay, adsorption, sorption capacity, specific surface, physical and chemical properties

ВВЕДЕНИЕ

В маслоэкстракционной промышленности для очистки продукции от нежелательных примесей используется адсорбционный способ.

Адсорбция, как известно, заключается в концентрировании какого-либо жидкого или твердого вещества (адсорбтива) на поверхности твердого тела (адсорбента) [1-4]. Такой способ очистки используется, главным образом, для удаления из масел окрашенных веществ (пигментов) и называется отбелкой. Для отбеливания масел в качестве сорбентов применяют различные отбельные глины и активированные угли. Особый интерес представляют отбельные глины ввиду их широкой доступности, невысокой стоимости, высокой отбеливающей способности (степени обесцвечивания масла).

В качестве отбельных глин используют опоку, монтмориллонитовые глины, бентонит, гумбрин, нальчикин [5-9]. После окончания процесса отбеливания масла образуется крупнотоннажный отход производства – осадок зажиренной отбельной глины [10]. Отработанные отбельные глины могут быть использованы в строительстве, при изготовлении мыльных паст, а также в качестве добавки в корм животным [11-15]. Но в целом большая часть отработанных отбельных глин не используется и представляет собой невостребованный крупнотоннажный отход [16-18]. Обычно для отбелики вводят 2,5% адсорбента от массы жира. Таким образом, при производстве одной тонны растительного масла образуется около 25 кг отработанной отбельной глины (в сухом виде). С учетом зажиренности масса отработанной глины увеличивается на 12-

15% и составляет около 29 кг на тонну масла [19-23]. С целью поиска рациональных путей использования неостребованной отработанной отбеленной глины нами были исследованы физико-химические свойства используемой отбеленной глины место-

рождения Кыштымское, отобранной на Алексеевском маслоэкстракционном комбинате (Белгородская область).

В таблице указаны химический состав (%) и некоторые свойства отбеливающих глин.

Таблица

Состав и физико-химические свойства отбеливающих глин некоторых месторождений
Table. Physico-chemical properties and composition of bleaching clays of some deposits

Отбеливающая глина	Химический состав, %						Физико-химические свойства		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +FeO	RO*	R ₂ O*	Отношение SiO ₂ :Al ₂ O ₃	Коллоидная SiO ₂	Насыпная плотность, кг/л	Пористость, %
Зикеевская	84,1	8,25	3,2	0,5	-	10,2	17,7	0,440	81,4
Курьинская	81,8	7,7	1,8	1,5	-	10,5	19,4	0,336	86,9
Симферопольский кил	68,5	10,9	2,9	5,4	0,7	6,2	-	-	-

Примечание: * RO и R₂O – соответственно окиси и закиси щелочноземельных металлов
Note: * RO and R₂O are oxides and oxides of alkaline earth metals, respectively

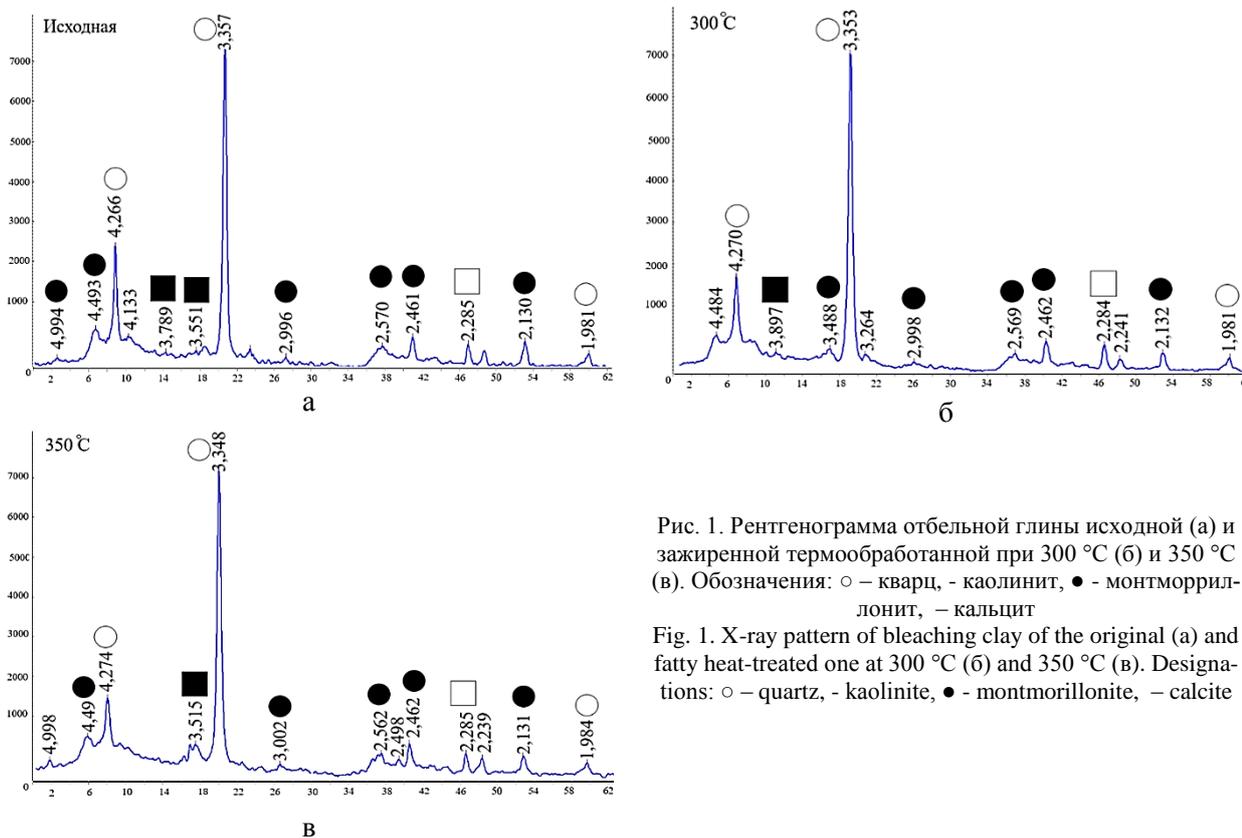


Рис. 1. Рентгенограмма отбеленной глины исходной (а) и жирной термообработанной при 300 °С (б) и 350 °С (в). Обозначения: ○ – кварц, - каолинит, ● - монтморрилонит, - кальцит

Fig. 1. X-ray pattern of bleaching clay of the original (a) and fatty heat-treated one at 300 °C (б) and 350 °C (в). Designations: ○ – quartz, - kaolinite, ● - montmorillonite, - calcite

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследований являлась исходная глина и термически модифицированный отход отбеленной глины, полученный на предприятии по производству растительного масла

Минеральный состав глины был определен исходя из пиков спектров рентгенофазового ана-

лиза (РФА), на дифрактометре «Дрон-2» по методу порошковых дифрактограмм.

Элементный состав глины определяли с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) высокого разрешения TESCAN MIRA3 LMU (Чехия).

Инфракрасные спектры были получены на приборе Vertex 70 (производство США), а затем

расшифрованы с использованием справочной и научной литературы [24-25].

Термообработка образцов осуществлялась путем нагрева усредненной пробы в электрической печи марки LOIP LF-7/13.

Гранулометрический состав тонкой фракции глины исследовался методом лазерной гранулометрии с помощью прибора "MicroSizer - 201".

Удельную поверхность отдельных фракций глины определяли по методу БЭТ с помощью установки TriStar II 3020 (US).

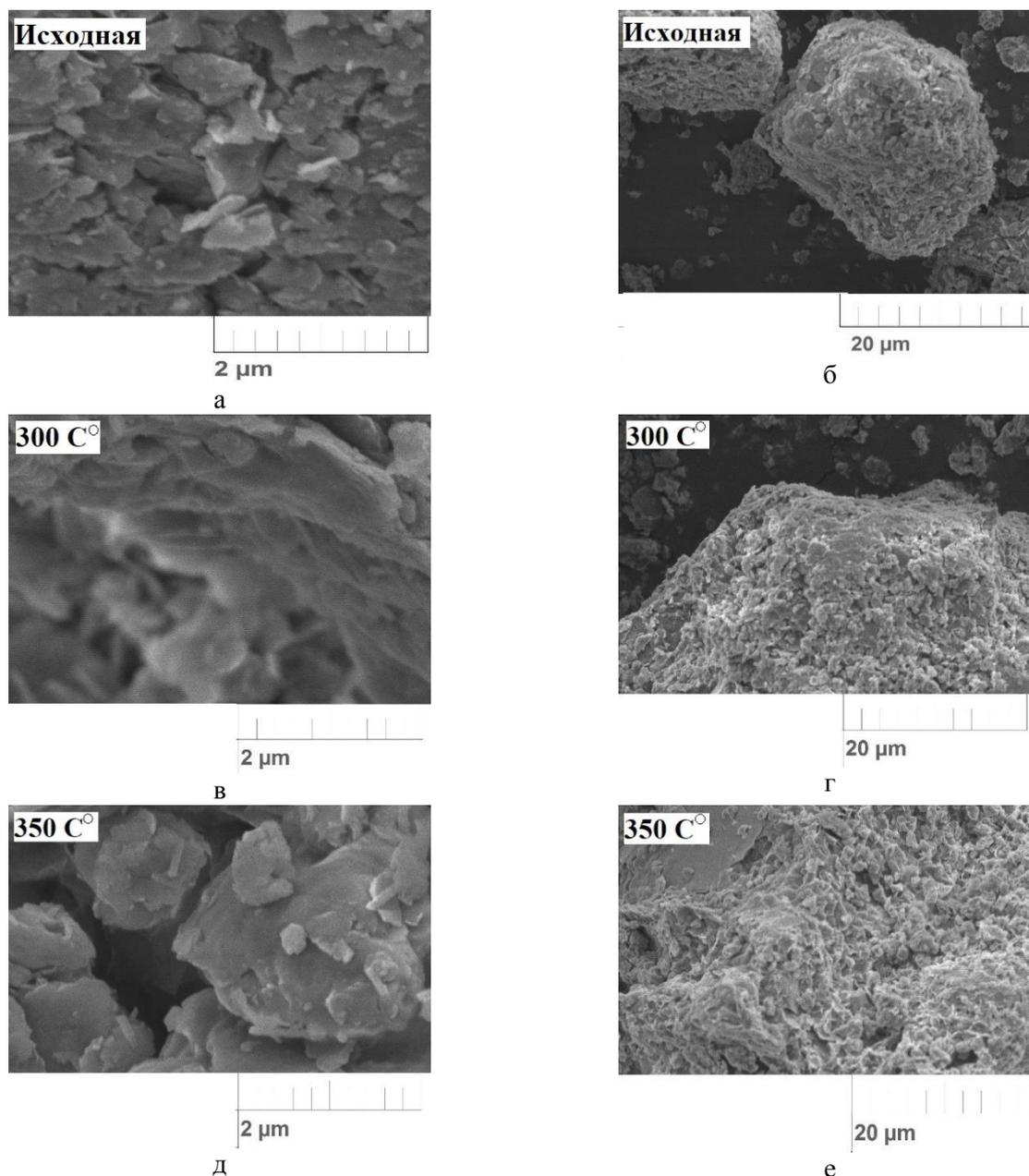


Рис. 2. Микрофотографии отбеленной глины исходной (а, б) и зажиренной термообработанной 300 °С (в, г) и 350 °С (д, е)
Fig. 2. Micrographs of original bleaching clay (а, б) and fattened heat-treated one at 300 °С (в, г) and 350 °С (д, е)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рентгенограммы приведены на рис. 1. Согласно полученным данным, исследуемые образцы представляют собой мономинеральные фазы

монтмориллонита с незначительными примесями кварца и кальцита. Минеральный состав глины и осадка был определен исходя из пиков спектра рентгенофазового анализа [26-28], представленного на рис. 1. Согласно рентгенофазовому

анализу, в отработанной отбелной глине присутствуют следующие минералы:

1. Глинистые минералы:

- монтмориллонит $[(OH)_4 Si_8 Al_4 O_{20}] \cdot 2H_2O$ ($d = 4,994; 4,490; 3,488; 3,002; 2,996; 2,570; 2,569; 2,562; 2,461; 2,130$).

2. Минералы – примеси

- кварц (SiO_2) ($d = 4,266; 3,353; 3,348; 1,981$);

- кальцит ($CaCO_3$) ($d = 2,285$);

- каолинит $(Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8)$ ($d = 3,897; 3,789; 3,551; 3,515$).

Для получения более полной характеристики отработанной отбелной глины проводили электронно-микроскопические исследования отбелной глины [29, 30] исходной и зажиренной термообработанной при 300 °С и 350 °С (рис. 2).

На рис. 2 видно, что структура отработанной отбелной глины состоит из пористого инертного материала, имеющего, по предварительным данным, удельную поверхность порядка 32 м²/г. Причем пористость и шероховатость отбелной глины при повышении температуры обработки немного увеличиваются (рис. 3).

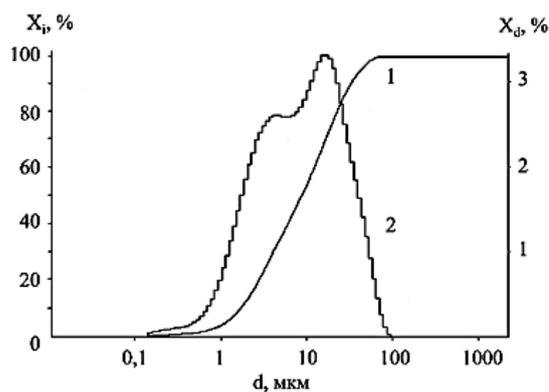
Размер частиц порошковых материалов является важной характеристикой, влияющей на эффективность их использования. Анализ гранулометрического состава [31, 32] исследуемых образцов (рис. 3) показывает, что во всех образцах преобладает фракция, размер частиц которой 0,6-100 мкм. С повышением температуры термообработки доля частиц размером до 10,51 мкм несколько уменьшается (от 56,67% до 38,05%).

Для анализа процессов трансформаций, протекающих в отработанной отбелной глине в ходе термообработки, были получены ИК спектры [33-35] (рис. 4).

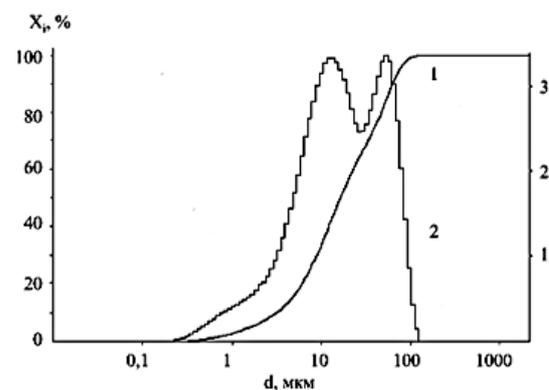
В интервале 2700-3700 см⁻¹ в спектрах образцов наблюдается широкая полоса поглощения, связанная с валентными колебаниями ОН групп, максимум которых имеет значение около 3400 см⁻¹. Анализ спектров образцов показал, что интенсивность этой полосы существенно уменьшается при термообработке, что свидетельствует о процессах дегидратации.

Полоса в районе ~ 1600 см⁻¹ также может быть отнесена к деформационным колебаниям молекул адсорбированной и координационно связанной воды. При повышении температуры она становится менее интенсивной.

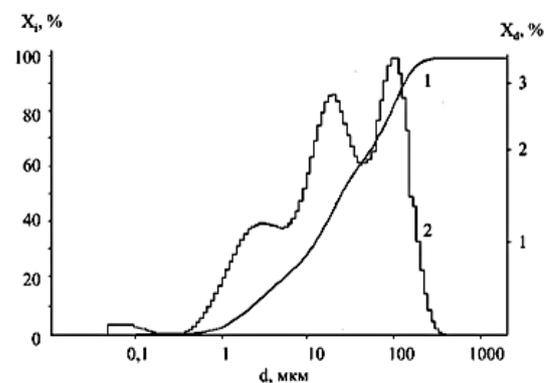
В области 1300-400 см⁻¹ в глинистых минералах, таких как каолинит и монтмориллонит, наблюдаются полосы растяжения и изгиба Si-O-Si, Al-O-Si минеральной решетки и изгиба О-Н.



а



б



в

Рис. 3. Гранулометрический состав отбелной глины: а) исходной; б) зажиренной термообработанной при 300 °С; в) зажиренной термообработанной при 350 °С. Обозначения: 1- интегральное и 2- дифференциальное распределение частиц по размеру

Fig. 3. Granulometric composition of bleaching clay: а) original; б) fatty heat-treated at 300 °С; в) fatty heat-treated at 350 °С. Designations: 1- integral and 2- differential particle size distribution

Пики 1350-1470 см⁻¹ также характеризуют деформационные колебания метильных и метиленовых групп; а 1700-1600 см⁻¹ характеризуют – СООН и СОО – группы жирных кислот. При сравнении ИК спектров исходной и термообработанной

ной отбеленной глины видно, что относительная интенсивность пика – COOH снижается, а пики метильных и метиленовых групп возрастают, что указывает на разрушение структуры жирных кислот.

Пик в области 2900-2700 см⁻¹ относится к колебаниям С-Н адсорбированных органических веществ, извлеченных из растительного масла. Интенсивность пика также снижается при термообработке, что указывает на процессы частичной деструкции веществ с повышением температуры.

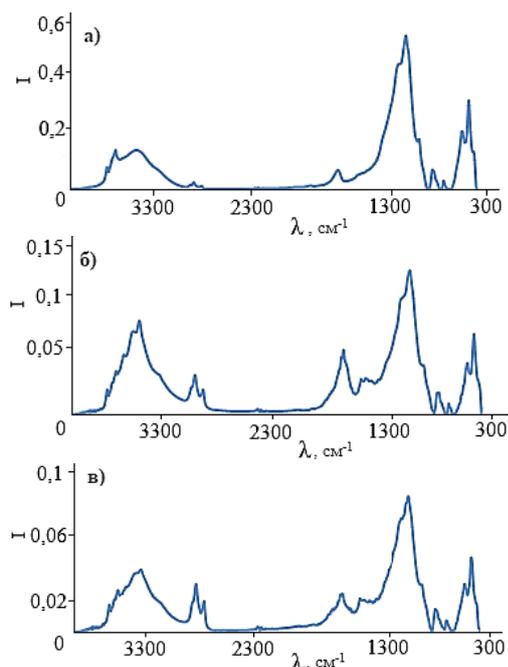


Рис. 4. ИК- спектры отбеленной глины: а) исходной; б) за жиренной термообработанной при 300 °С; в) за жиренной термообработанной при 350 °С

Fig. 4. IR spectra of bleaching clay: a) original; б) fatty heat-treated at 300 °C; в) fatty heat-treated at 350 °C

На основании результатов исследований высказано предположение о возможности использования отработанной отбеленной глины для очистки сточных вод. Для подтверждения этого предположения исследовали сорбционные свойства отбеленной глины по отношению к ионам Ni²⁺. Адсорбцию ионов Ni²⁺ на поверхности отбеленной глины изучали в статических условиях по методикам [36,37]. Сорбционную емкость определяли по формуле:

$$A = \frac{(C_n - C_k) \cdot V}{m},$$

где C_n и C_k – начальная и конечная концентрации ионов в растворах, мг/дм³; V – объем раствора, л; m – масса навески, г.

Из полученных изотерм адсорбции следует, что сорбционная емкость исходной глины до ее использования в процессах отбеливания составляет

0,39 ммоль/г или 37,46 мг/г, отработанной исходной отбеленной глины, $A_{max} = 0,25$ ммоль/г или 24,02 мг/г, а для обожженной отбеленной глины – 0,428 ммоль/г, или 41,11 мг/г, что в 1,7 раза больше по сравнению с глиной необоженной. Это, по-видимому, можно объяснить увеличением удельной поверхности ($S_{уд}$), м²/г при термообработке, а также тем, что масло на поверхности необоженной глины препятствует сорбции ионов тяжелых металлов. Кроме того, при обжиге глины образуется слой угля, который может принимать участие в процессе сорбции. Так, $S_{уд}$ отработанной глины, не подвергавшейся обжигу, составляет 2,6 м²/г, а для обожженной 8 м²/г.

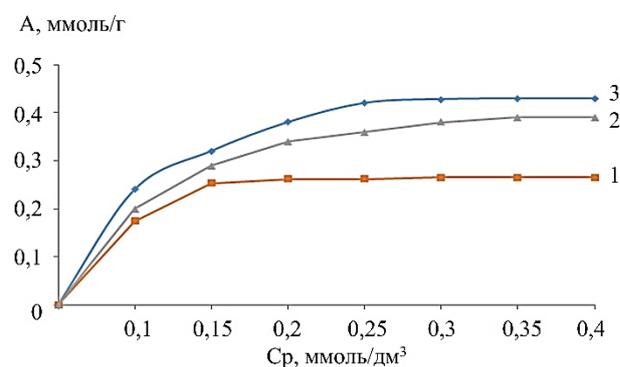


Рис. 5. Изотермы адсорбции ионов Ni²⁺ отбеленной глиной: 1) исходной отработанной; 2) исходной до отбеливания; 3) за жиренной термообработанной

Fig. 5. Adsorption isotherms of Ni²⁺ ions: 1) initial spent; 2) starting before bleaching 3) heat-treated bleaching clay

ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что отработанная отбеленная глина относится к классу монтмориллонитовых глин с высокоразвитой поверхностью. Удельная поверхность глины, установленная по методу БЭТ, для необоженного образца составляет 2,6 м²/г, а для обожженной – 8 м²/г, что по сравнению с необоженной глиной больше в 3,08 раза. ИК-спектральные исследования показали, что в ходе термообработки за жиренной глины происходит разрушение триглицеридов жирных кислот и частичная деструкция других органических соединений. Адсорбционные исследования, проведенные в статическом режиме на примере модельных никельсодержащих растворов, показали, что сорбционная емкость необоженной глины по ионам Ni²⁺ составляет 0,25 ммоль/г или 24,02 мг/г, а для термообработанной - 0,428 ммоль/г или 41,11 мг/г, что в 1,7 раза больше по сравнению с необоженной глиной. Таким образом, термо-

обработанная зажиренная отбельная глина обладает значительными сорбционными свойствами и может использоваться в качестве сорбционного материала. Для примера глина Асканского месторождения имеет максимальную сорбционную емкость 30 мг/г по отношению к органическим примесям.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

The work was carried out as part of the implementation of the federal program to support universities "Priority 2030" using equipment based on the Center for High Technologies of the Belgorod State Technical University. Named after V. G. Shukhov.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Lupandina N.S., Sapronova Zh.A.** Modified Bleaching Clay as a Sorption Material. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020. 459. P. 042063. DOI: 10.1088/1755-1315/459/4/042063.
2. **Сапронова Ж.А., Гомес М.Ж.** Оценка реагентных свойств глин ангольского месторождения Катети. *Вестн. БГТУ им. В.Г. Шухова.* 2014. № 1. С. 164-167.
3. **Ханхасаева С.Ц., Бадмаева С.В.** Адсорбция красителя метаниловый желтый на Fe-модифицированной бентонитовой глине. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып.5. С. 23-29. DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6438.
4. **Свиридов А.В., Юрченко В.В., Гиндулин И.К., Каменченко Е.А.** Разработка сорбционного материала на основе модифицированных алюмосиликатов с высокой адсорбционной способностью по отношению к сероводороду. *Вестн. ВГУИТ.* 2021. 83(4). С. 232-237. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-4-232-237.
5. **Хамракулова М.Х.** Процесс отбелки нейтрализованного соевого масла с применением местных отбельных глин. *Universum: техн. науки.* 2020. № 12-2(81). С. 104-105.
6. **Отырба Г.Г., Фидченко М.М., Каменчук И.Н.** Использование природных монтмориллонитовых глин в процессе коагуляционной очистки сточных вод прачечных. *Сорбц. и хроматограф. проц.* 2020. Т. 20. № 6. С. 773-781. DOI 10.17308/sorpchrom.2020.20/3057.
7. **Волосатова К.А., Шаманов В.А., Казымов К.П., Томила Е.М.** Сравнение характеристик глинистого сырья Пермского края. *Вестн. ПНИПУ. Приклад. экология. Урбанистика.* 2022. № 1(45). С. 59-70. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.1.05.
8. **Кормош Е.В., Алябьева Т.М., Швецова М.Ж.** Изучение вещественного состава природных и модифицированных монтмориллонитовых глин для разработки сорбентов очистки сточных вод. *Усп. современ. естествозн.* 2019. № 3-2. С. 145-150.
9. **Сахибов Н.Б.** Сорбционные свойства бентонита месторождения Истымтау. *Политехн. вестн. Сер.: Инженер. иссл.* 2021. № 4(56). С. 38-41.
10. **Муслимов Б.Б., Исмаев С.Ш., Шарифова Н.А.К.** Отбельные технологии рафинации хлопкового масла. *Вопр. науки и образования.* 2017. № 5(6). С. 11-13.
11. **Надилов К.С., Асылханов Н.А., Надилов Р.К., Джусенов А.У.** Применение отработанных отбельных глин для получения антикоррозионных покрытий. *Вестн. науки Южного Казахстана.* 2018. № 4(4). С. 129-134.
12. **Лупандина Н.С., Свергузова С.В., Вдовенко О.А.** Очистка водных сред с помощью отхода производства растительного масла. Матер. Всеросс. науч. конф. с междунар. уч. молод. учен. и спец. Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. Казань. 18-19 марта 2021 года. Казань: КНИТУ. 2021. С. 307-311.

REFERENCES

1. **Lupandina N.S., Sapronova Zh.A.** Modified Bleaching Clay as a Sorption Material. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020. 459. P. 042063 (in Russian). DOI: 10.1088/1755-1315/459/4/042063.
2. **Sapronova Zh.A., Gomez M.J.** Evaluation of the reagent properties of clays from the Angolan Kateti deposit. *Vestn. BGTU named after V.G. Shukhov.* 2014. N 1. P. 164-167 (in Russian).
3. **Khankhasaeva S.Ts., Badmaeva S.V.** Adsorption of methanil yellow dye on Fe-modified bentonite clay. *Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.].* 2022. V. 65. N 5. P. 23-29 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6438.
4. **Sviridov A.V., Yurchenko V.V., Gindulin I.K., Kamenchenko E.A.** Development of a sorption material based on modified aluminosilicates with high adsorption capacity for hydrogen sulfide. *Vestn. VGUIT.* 2021. 83(4). P. 232-237 (in Russian). DOI: 10.20914/2310-1202-2021-4-232-237.
5. **Khamrakulova M.Kh.** The process of bleaching neutralized soybean oil using local bleaching clays. *Universum: Tekhn. Nauki.* 2020. N 12-2(81). P. 104-105 (in Russian).
6. **Otyrba G.G., Fidchenko M.M., Kamenchuk I.N.** The use of natural montmorillonite clays in the process of coagulation laundries wastewater treatment. *Sorp. Khrom. Prots.* 2020. V. 20. N 6. P. 773-781 (in Russian). DOI: 10.17308/sorpchrom.2020.20/3057.
7. **Volosatova K.A., Shamanov V.A., Kazymov K.P., Tomilina E.M.** Comparison of the characteristics of clay raw materials in the Perm Territory. *Vestn. PNIPU. Priklad. Ekologiya. Urbanistika.* 2022. N 1(45). P. 59-70 (in Russian). DOI: 10.15593/2409-5125/2022.1.05.
8. **Kormosh E.V., Alyabyeva T.M., Shvetsova M.Zh.** Study of the material composition of natural and modified montmorillonite clays for the development of sorbents for wastewater treatment. *Usp. Sovremen. Estestvozn.* 2019. N 3-2. P. 145-150 (in Russian).
9. **Sakhibov N.B.** Sorption properties of bentonite from the Istymtau deposit. *Politekhn. Vestn. Ser.: Inzhener. Issled.* 2021. N 4(56). P. 38-41 (in Russian).
10. **Muslimov B.B., Ismatov S.Sh., Sharifova N.A.K.** Bleaching technologies for refining cottonseed oil. *Vopr. Nauki Obrazovaniya.* 2017. N 5(6). P. 11-13 (in Russian).
11. **Nadirov K.S., Asylkhanov N.A., Nadirov R.K., Dzhusenov A.U.** The use of waste bleaching earths for anti-corrosion coatings. *Vestn. Nauki Yuzhnogo Kazakhstana.* 2018. N 4(4). P. 129-134 (in Russian).
12. **Lupandina N.S., Sverguzova S.V., Vdovenko O.A.** Purification of aquatic environments using waste from the production of vegetable oil. *Materials of the All-Russian scientific*

13. **Хисамова А., Салимова Л.И., Сафаров А.Х.** Использование отбеленной глины для получения строительного материала. *Аспирант*. 2017. № 4(30). С. 18-21.
14. **Шпербер Д.Р., Брюшков Р.В., Губа Е.Н.** Применение вторичных продуктов производства рафинированных растительных масел в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных птиц. *Изв. вузов. Пищ. технология*. 2022. № 2-3(386-387). С. 46-50. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.2-3.9.
15. **Акмальханов А.Т.** Использование бентонита и жирной глины в рационах дойных коров и молодняка крупного рогатого скота. Сб. науч. тр. Сев.-Кавказ. науч.-исслед. инст. животновод. 2013. Т. 2. № 2. С. 102-106.
16. **Горелова О.М., Куртукова Л.В.** Поиск путей утилизации отходов в производстве растительных масел. *Изв. Кыргыз. гос. техн. ун-та им. И. Раззакова*. 2019. № 2-2(50). С. 232-237.
17. **Енютина М.В., Тарасевич Т.В., Костылева Л.Н.** Снижение класса опасности отработанных отбеленных глин. Материалы L отчетной научной конференции за 2011 год. Сб. трудов конф. Воронеж. 27–29 марта 2012 г. Воронеж: ВГУИТ. 2012. Ч. 1. Р. 198.
18. **Овчинникова В.Д.** Проблема утилизации отходов отбеливающей глины сланцевых производств и пути её решения. *Наука и образование: новое время. Науч.-метод. журн.* 2021. № 1(23). С. 4-8.
19. **Мустафаев С.К., Мустафаев Е.О., Смычагин О.В., Смычагин С.К.** Комплексная переработка отходов масложирового производства. *Электрон. сет. политем. журн. "Науч. тр. КубГТУ"*. 2019. № 1. С. 378-382.
20. **Лукин А.А.** Основные направления совершенствования технологических процессов в масложировой промышленности. *Вестн. Юж.-Урал. гос. ун-та. Сер.: Пищ. и биотехнологии*. 2013. Т. 1. № 1. С. 15-20.
21. **Рафальсон А.Б., Константинова О.В., Криштофович С.Н.** Некоторые закономерности адсорбции на отбеленной глине отечественного производства. *Вестн. Всерос. науч.-исслед. инст. жиров*. 2015. № 1-2. С. 33-35.
22. **Суванова Ф.У.** Рациональное использование отходов рафинационного. Матер. междунар. науч.-практ. конф., посв. году экологии в России Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства. с. Соленое Займище. 18–19 мая 2017 г. Соленое Займище: Прикасп. науч.-исслед. ин-т аридного земледелия. 2017. С. 59-64.
23. **Матюшенко Н.Н.** Адсорбционная рафинация растительных масел. Сб. науч. тр. *Всерос. науч.-исслед. ин-та овцеводства и козоводства*. 2016. Т. 1. № 9. С. 123-126.
24. **Peter Larkin.** Infrared and raman spectroscopy principles and spectral interpretation. Elsevier Inc. 2011. 230 p. DOI: 10.1016/B978-0-12-386984-5.10002-3.
25. **Barbara H. Stuart.** Infrared spectroscopy: fundamentals and applications. John Wiley & Sons Ltd. 2004. 244 p.
26. **Ключникова Н.В.** Рентгенофазовый анализ композиционных материалов на основе глин. Сб. науч. тр. *SWorld*. 2013. Т. 7. № 1. С. 3-10.
27. **Мургазина Э.Ж., Сабитова Д.А., Шаяхметов А.У.** Рентгенофазовый анализ глиноземистого сырья. Матер. I науч.-практ. конф. с междунар. уч. Новые технологии в материаловедении. Уфа. 14 декабря 2015 г. Уфа: Башкир. гос. ун-т. 2015. С. 241-248.
- conference with international participation of young scientists and specialists Innovative technologies for environmental protection in the modern world. Kazan. March 18–19, 2021. Kazan: KNITU. 2021. P. 307-311 (in Russian).
13. **Khislamova A., Salimova L.I., Safarov A.Kh.** The use of bleaching clay for building material. *Aspirant*. 2017. N 4(30). P. 18-21 (in Russian).
14. **Shperber D.R., Bryushkov R.V., Guba E.N.** The use of secondary products of refined vegetable oils industry as a feed additive for poultry. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pishch. Tekhnol.* 2022. N 2-3(386-387). P. 46-50 (in Russian). DOI: 10.26297/0579-3009.2022.2-3.9.
15. **Akmalkhanov A.T.** The use of bentonite and fatty clay in the diets of dairy cows and young cattle. Collection of scientific works of the North Caucasian Research Institute of Animal Husbandry. 2013. V. 2. N 2. P. 102-106 (in Russian).
16. **Gorelova O.M., Kurtukova L.V.** Search for ways of waste disposal in the production of vegetable oils. *Izv. Kyrgyz. Gos. Tekhn. Univ. im. I. Razzakova*. 2019. N 2-2(50). P. 232-237 (in Russian).
17. **Enyutina M.V., Tarasevich T.V., Kostyleva L.N.** Reducing the hazard class of spent bleaching earths. Materials of the L reporting scientific conference for 2011. Sat. Proceedings of Conf. Voronezh. March 27–29, 2012 Voronezh: VSUIT. 2012. Part 1. P. 198. (in Russian).
18. **Ovchinnikova V.D.** The problem of bleaching clay waste disposal from shale industries and ways to solve it. *Nauka Obrazovanie: Novoe Vremya. Nauch.-Metod. Zhurn.* 2021. N 1(23). P. 4-8 (in Russian).
19. **Mustafaev S.K., Mustafaev E.O., Smychagin O.V., Smychagin S.K.** Complex processing of oil and fat production waste. *Elektron. Set. Politem. Zhurn. "Nauch. Tr. KubGTU"*. 2019. N 1. P. 378-382 (in Russian).
20. **Lukin A.A.** Main directions of improvement of technological processes in the oil and fat industry. *Vestn. Yuzh.-Ural. Gos. Univ. Ser.: Pishch. Biotekhnol.* 2013. V. 1. N 1. P. 15-20 (in Russian).
21. **Rafalson A.B., Konstantinova O.V., Krishtofovich S.N.** Some regularities of adsorption on domestic bleaching clay. *Vestn. Vseross. Nauch.-Issled. Inst. Zhirov*. 2015. N 1-2. P. 33-35 (in Russian).
22. **Suvanova F.U.** Rational use of refining waste. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the year of ecology in Russia Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support of agricultural production. p. Salty Zaimishche. May 18–19, 2017. Solenoye Zaimishche: Caspian Research Institute of Arid Agriculture. 2017. P. 59-64 (in Russian).
23. **Matyushenko N.N.** Adsorption refining of vegetable oils. *Collection of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2016. V. 1. N 9. P. 123-126 (in Russian).
24. **Peter Larkin.** Infrared and raman spectroscopy principles and spectral interpretation. Elsevier Inc. 2011. 230 p. DOI: 10.1016/B978-0-12-386984-5.10002-3.
25. **Barbara H. Stuart.** Infrared spectroscopy: fundamentals and applications. John Wiley & Sons Ltd. 2004. 244 p.
26. **Klyuchnikova N.V.** X-ray phase analysis of composite materials based on clays. *Collection of scientific papers SWorld*. 2013. V. 7. N 1. P. 3-10 (in Russian).

28. **Монина Л.Н.** Рентгенография. Качественный рентгенофазовый анализ. М.: Изд-во Проспект. 2017. 120 с.
29. **Хаджиев И.М., Исмаилов Э.Д.** Об электронно-микроскопическом исследовании модифицированной глины. *Актуал. науч. исслед. в совр. мире.* 2019. № 11-1(55). С. 195-199.
30. **Антошкина Е.Г., Смолко В.А., Дыскина Б.Ш.** Электронно-микроскопические исследования огнеупорных глин, применяемых в литейном производстве. *Вестн. Юж.-Урал. гос. ун-та. Сер.: Metallurgiya.* 2007. № 13(85). С. 43-45.
31. **Дзюзер В.Я.** Анализ гранулометрического состава кварцевого песка. *Стекло и керамика.* 2015. № 5. С. 29-32. DOI: 10.1007/s10717-015-9748-9.
32. **Калыкова Г.С.** Комплексное исследование глины месторождения. *Вестн. Кыргыз.-Росс. Славян. Ун-та.* 2021. Т. 21. № 12. С. 178-185.
33. **Балыкбаева Г., Тамшыбаев Т., Кыргызбаева А.М.** ИК - спектры модифицированной бентонитовой глины. *Вестн. науки и образования.* 2016. № 5(17). С. 6-7.
34. **Музаева А.М., Муксумова З.С.** ИК-спектры и дериватогаммы глины месторождения Октябрьское. *Наука и новые технологии.* 2014. № 4. С. 156-159.
35. **Везентев А.И., Воловичева Н.А., Королькова С.В., Советова К.С.** Вещественный состав и коллоидно-химические характеристики монтмориллонит содержащей глины Таганского месторождения (Казахстан). *Вестн. Технол. ун-та.* 2020. Т. 23. № 6. С. 35-39.
36. **Трубицын М.А.** Практикум по химии окружающей среды. Белгород: БелГУ. 2002. Ч. 1. 45 с.
37. **Ибрагимов Ш.Т., Нуруллаев Ш.П., Алихонова З.С.** Очистка из промышленных сточных вод ионов тяжелых металлов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Ni^{2+} методом адсорбции. *Наука, техника и образование.* 2022. № 4(87). С. 11-14.
27. **Murtazina E.Zh., Sabitova D.A., Shayakhmetov A.U.** X-ray phase analysis of aluminous raw materials. Materials of the 1st scientific and practical conference with international participation New technologies in materials science. Ufa, December 14, 2015. Ufa: Bashkir State University. 2015. P. 241-248 (in Russian).
28. **Monina L.N.** Radiography. Qualitative X-ray phase analysis. M.: Izd-vo Prospekt. 2017. 120 p. (in Russian).
29. **Khadzhiev I.M., Ismailov E.D.** On the electron microscopic examination of the modified clay. *Aktual. Nauch. Issled. Sovr. Mire.* 2019. N 11-1(55). P. 195-199 (in Russian).
30. **Antoshkina E.G., Smolko V.A., Dyskina B.Sh.** Electron microscopic studies of refractory clays used in foundry production. *Vestn. Yuzh.-Ural. Gos. Univ. Ser.: Metallurgiya.* 2007. N 13(85). P. 43-45 (in Russian).
31. **Dzyuzer V.Ya.** Analysis of quartz sand granulometric composition. *Steklo Keramika.* 2015. N 5. P. 29-32 (in Russian). DOI: 10.1007/s10717-015-9748-9.
32. **Kalykova G.S.** Complex study of clay deposits. *Vestn. Kyrgyz.-Ross. Slavyan. Univ.* 2021. V. 21. N 12. P. 178-185 (in Russian).
33. **Balykbaeva G., Tamshybaev T., Kyrgyzbaeva A.M.** IR spectra of modified bentonite clay. *Vest. Nauki Obraz.* 2016. No. 5(17). P. 6-7 (in Russian).
34. **Muzaeva A.M., Muksumova Z.S.** IR spectra and derivatograms of clay from the Oktyabrskoye deposit. *Vestn. Nauki Obrazovaniya.* 2014. N 4. P. 156-159 (in Russian).
35. **Vezentsev A.I., Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Sovetova K.S.** Material composition and colloid-chemical characteristics of montmorillonite-containing clay of the Taganskoye deposit (Kazakhstan). *Vestn. Tekhnol. Univ.* 2020. V. 23. N 6. P. 35-39 (in Russian).
36. **Trubitsyn M.A.** Workshop on environmental chemistry. Belgorod: BelGU. 2002. Pt. 1. 45 p. (in Russian).
37. **Ibragimov Sh.T., Nurullaev Sh.P., Alikhonova Z.S.** Purification of heavy metal ions Cu^{2+} , Zn^{2+} and Ni^{2+} from industrial wastewater by adsorption. *Nauka, Tekhnika Obrazovanie.* 2022. N 4(87). P. 11-14 (in Russian).

Поступила в редакцию 02.12.2022

Принята к опубликованию 27.02.2023

Received 02.12.2022

Accepted 27.02.2023