

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-106-116

UDC 628.316.12

Research of effectiveness of natural and modified sorbents for wastewater treatment based on mica quartzite treatment waste

Authors:

Lyasan Kh. Araslanova,

Assistant of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University; Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, oosripr@rusoil.net;

Elina R. Salmanova,

Engineer of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, oosripr@rusoil.net;

Elena A. Solovyeva,

Associate Professor of the Department «Machines and apparatus of food production», Bashkir Institute of technology and Management Branch of the Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky», Meleuz, Bashkortostan Republic, Russia, solovyeva25@yandex.ru;

Alfia A. Larkina,

Post-graduate Student, Senior Lecturer of the Department «Machines and apparatus of food production», Bashkir Institute of Technology and Management Branch of the Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky», Meleuz, Bashkortostan Republic, Russia, alfaais@mail.ru;

Iren O. Tuktarova,

Head of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, umrko@mail.ru;

Alexey M. Nazarov,

Professor of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, oosripr@rusoil.net

Abstract: Results of a research of efficiency of sorbents on the basis of the waste of production and processing of micaceous quartzites (MQ), montmorillonite clays (MC) modified by humic connections (HC), received by extraction of waste brown coal are shown.

Chemical composition of mica quartzite processing waste depending on the fraction size was previously investigated: element structure by method of the power-dispersive X-ray fluorescent analysis and mineral structure by method of X-ray phase analysis, for purpose of interrelation establishment between the structure of fraction and adsorptive properties of the received composite sorbents and also for the purpose of an exception as a part of MQ and, respectively, a sorbent of dangerous and toxic substances I-III of hazard classes.

The efficiency of adsorption of the obtained sorbents was studied, an increase in sorption activity was found depending on composition of sorbent and method of modification (preliminary temperature processing and drawing on a surface of a sorbent of HC nano- and a microdimensional layer). It is determined that the greatest efficiency of adsorption of ions of heavy metals is observed for the sorbent which underwent temperature modification at 800°C and then HC covered with a layer up to 1% of masses.

Use of waste of MQ containing 40–60% of quartz (SiO₂) in composition with MC and with further modification of a surface (up to 1% of masses.) humic connections will allow receiving highly effective, universal and inexpensive sorbents for sewage treatment from heavy metals and other pollutants.

The offered composite sorbents will allow to solve several ecologically important problems in a complex: to carry out effective purification of industrial sewage (machine and instrument-making, metallurgical, petrochemical and other enterprises) of heavy metals ions and to utilize waste of micaceous quartz processing of and brown coal extraction.

Keywords: waste, micaceous quartzite, montmorillonite clays, humic connections, surface modifying, sewage treatment, heavy metals ions.

For citation: Araslanova L.Kh., Salmanova E.R., Solovyeva E.A., Larkina A.A., Tuktarova I.O., Nazarov A.M. Research of effectiveness of natural and modified sorbents for wastewater treatment based on mica quartzite treatment waste. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 106–116. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-106-116.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

`
Research of effectiveness of natural and modified sorbents for wastewater treatment based on mica quartzite treatment waste by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-1-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-1-2019/
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:umrko@mail.ru" rel="cc:morePermissions">umrko@mail.ru`

The paper has been received by editors: 18.12.18.

The paper has been received by editors after peer-review: 14.01.19.

The paper has been accepted for publication: 29.01.19.

Исследование эффективности природных и модифицированных сорбентов для очистки сточных вод на основе отходов обработки слюдистых кварцитов

Авторы:

Арасланова Ляйсан Хадисовна,

ассистент каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан,
Россия, oosripr@rusoil.net;

Сальманова Элина Равилевна,

инженер каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан,
Россия, oosripr@rusoil.net;

Соловьева Елена Анатольевна,

доцент каф. «Машины и аппараты пищевых производств», Башкирский институт технологий и управления филиал
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского»,
г. Мелеуз, Республика Башкортостан, Россия, solovyeva25@yandex.ru;

Ларькина Альфия Алпыспаевна,

аспирант, ст.преподаватель каф. «Машины и аппараты пищевых производств», Башкирский институт технологий
и управления филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского», г. Мелеуз, Республика Башкортостан, Россия, alfaais@mail.ru;

Туктарова Ирэн Ольвертовна,

зав. каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Республика Башкортостан,
Россия, umrko@mail.ru;

Назаров Алексей Михайлович,

профессор каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; г. Уфа, Республика Башкортостан,
Россия, oosripr@rusoil.net

Резюме: Показаны результаты исследования эффективности сорбентов на основе отходов добычи и обработки слюдистых кварцитов (СК), монтмориллонитовых глин (МГ), модифицированных гуминовыми соединениями (ГС), полученных путем экстракции отходов добычи бурого угля.

Предварительно был исследован химический состав отходов обработки слюдистого кварцита в зависимости от размеров фракции: элементный состав методом энерго-дисперсионного рентгено-флуоресцентного анализа и минеральный состав методом рентгенофазового анализа, с целью установления взаимосвязи между составом фракции и адсорбционными свойствами полученных композиционных сорбентов, а также с целью исключения в составе СК и, соответственно, сорбента опасных и токсичных веществ I–III классов опасности.

Изучена эффективность адсорбции полученных сорбентов, обнаружено увеличение сорбционной активности в зависимости от состава сорбента и метода модификации (предварительная температурная обработка и нанесение на поверхность сорбента ГС нано- и микрогабаритным слоем). Установлено, что наибольшая эффективность адсорбции ионов тяжелых металлов наблюдается для сорбента, прошедшего температурную модификацию при 800°C и затем покрытого слоем ГС до 1% масс.

Использование отходов СК, содержащих 40–60% кварца (SiO₂) в композиции с МГ, и с дальнейшей модификацией поверхности (до 1% масс.) гуминовыми соединениями позволит получить высокоэффективные, универсальные и недорогие сорбенты для очистки сточных вод от тяжелых металлов и других загрязнителей.

Предложенные композиционные сорбенты позволят комплексно решить несколько экологически важных проблем: осуществлять эффективную очистку промышленных сточных вод (машино- и приборостроительных, металлургических, нефтехимических и других предприятий) от ионов тяжелых металлов и утилизировать отходы обработки слюдистого кварца и добычи бурого угля.

Ключевые слова: отходы, слюдистый кварцит, монтмориллонитовые глины, гуминовые соединения, модифицирование поверхности, очистка сточных вод, ионы тяжелых металлов.

Для цитирования: Арасланова Л.Х., Сальманова Э.Р., Соловьева Е.А., Ларькина А.А., Туктарова И.О., Назаров А.М. Исследование эффективности природных и модифицированных сорбентов для очистки сточных вод на основе отходов обработки слюдистых кварцитов // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 1. – С. 106-116. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-106-116.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

`
Research of effectiveness of natural and modified sorbents for wastewater treatment based on mica quartzite treatment waste by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 106–116. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-106-116" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Araslanova L.Kh., Salmanova E.R., Solovyeva E.A., Larkina A.A., Tuktarova I.O., Nazarov A.M. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-1-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-1-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:umrko@mail.ru" rel="cc:morePermissions">umrko@mail.ru.`

Статья поступила в редакцию: 18.12.18.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 14.01.19.

Статья принята к публикации: 29.01.19.

ВВЕДЕНИЕ

Сточные воды нефтехимических, металлургических, машино- и приборостроительных отраслей промышленности содержат большое количество ионов тяжелых металлов. Для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов применяют различные методы, в том числе и сорбционные [1, 2]. Используют сорбенты на основе активированных углей, полимерных и других материалов, однако эти материалы имеют высокую стоимость и требуют использования природных ресурсов [3–5].

Использование отходов горно-обогатительных комбинатов (ГОК) [6], а также отходов и отвалов нерудных материалов [7–10] позволит получать недорогие и высокоэффективные сорбенты для очистки сточных вод.

Для модификации полученных сорбционных материалов применяются физические и химические методы активации.

Целью данной работы является разработка технологии получения композиционного сорбента на основе отходов добычи и обработки слюдистого кварцита и монтмориллонитовой глины, а также

исследование их адсорбционной эффективности в зависимости от состава и температурного режима подготовки сорбентов.

Химический состав кварцитов характеризуется высоким содержанием кремниевой кислоты, входящей в состав кварца, в меньшей степени силикатов. Окислы железа связаны с магнетитом, меньшая часть – с гематитом и силикатами. В качестве второстепенных примесей присутствуют Al_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O .

В научной литературе приводятся результаты исследований сорбентов на основе природных материалов, содержащих кварц [11], а также патенты, в которых предложены способы получения сорбентов на основе кремнисто-цеолитовой руды, содержащей до 24% цеолита и до 28% кварцита [12, 13], и магнетитового кварца в сочетании с цеолитами [14]. Однако данные материалы для очистки сточных вод от тяжелых металлов малоэффективны.

Глинистые минералы уступают по адсорбционным характеристикам цеолитам [15–17], однако в связи с высокими вяжущими и пластифицирующими свойствами их можно применять в качестве компонентов для получения промышленных адсорбентов [18–22].

Глинистые природные сорбенты представляют собой полимерные высокодисперсные системы со сложным химическим составом: 40–72% SiO_2 ; 5–33% Al_2O_3 ; 1,2–15% Fe_2O_3 ; до 8% MgO ; 4–5% оксидов щелочных и других металлов, соответственно [14]. Для глинистых минералов, так же, как и для цеолитов, наряду с ионным обменом характерна физическая и молекулярная сорбция.

Известно, что ГС – биополимеры, образующиеся в почве, водоемах, земной коре, каустобиолитах. Благодаря наличию в составе ГС функциональных

групп (карбоксильные, фенольные и спиртовые гидроксилы, метоксильные, хиноидные, лактонные, енольные, сложноэфирные, альдегидные, кетонные группы, мостиковый и гетероциклический кислород и т.д.) они являются эффективными комплексообразователями тяжелых металлов [23].

Использование ГС, полученных из отходов добычи бурого угля, позволяет получить высокоэффективные модифицированные поверхности сорбентов на основе отходов СК и МГ.

В слюдистых кварцитах, добываемых на Урале, в том числе в Республике Башкортостан, наблюдается высокое содержание кварца (до 60%), что позволяет использовать отходы добычи и переработки данной породы при производстве сорбентов для эффективной очистки сточных вод.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей работе использовались опытные образцы отходов добычи и обработки слюдистого кварцита (СК) Темясовского месторождения, а также монтмориллонитовая глина (МГ) Куганакского месторождения Республики Башкортостан, отходы бурого угля Тюльганского месторождения.

Фракционный состав отходов добычи и обработки слюдистого кварцита следующий: с размерами фракций более 0,1 мм – 72%; 0,1–0,3 мм – 15%; 0,3–0,5 мм – 4,5% и более 0,9 мм – 8,5%.

Фракции размером более 0,9 мм были использованы после высушивания без предварительной подготовки. Мелкие фракции размером менее 0,9 мм объединяли (91,5%), затем смешивали с монтмориллонитовой глиной в пропорции 1:1 (с добавлением 30–40% воды), гранулировали, высушивали при 200°C. Затем просеивали через сито, отбирали основ-

Таблица 1

Минеральный состав опытных образцов СК

Наименование минерала	Содержание минерала, %	
	Размеры фракции 0,3–0,5 мм	Размеры фракции более 0,9 мм
Кварц	41,8	60,3
Лилит	23,3	13,1
Мусковит	2,8	5,0
Альбит С-1	5,02	-
Анорит	6,4	2,6
Микроклимин	4,7	16,4
Сандин	3,1	5,6
Натролит	4,1	-

ную фракцию размером более 0,9 мм и подвергали термической обработке при различных температурах (400, 600 и 800°C) в течение 1 часа.

Нанесение на поверхность сорбентов ГС проводили по методике [6].

Минеральный состав опытных партий СК был исследован методом рентгенофазового анализа (РФА), результаты которого приведены в табл. 1.

Следует отметить, что содержание кварца SiO_2 при переходе от более мелких фракций возрастает от 41 до 60,3%.

Элементный состав (в пересчете на оксиды) образцов отходов СК определялся методом рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа (РФЭД): SiO_2 – 65,5%; Al_2O_3 – 15,9%; K_2O – 6,7%; Fe_2O_3 – 7,0%; Na_2O – 1,6%; MgO – 0,94%; SO_3 – 1,36%; MnO – 0,112%; ZrO_2 – 0,116%; V_2O_5 – 0,055%; ZnO – 0,027%; Rb_2O_3 – 0,029%; Y_2O_3 – 0,018%.

На основании полученных данных можно отметить, что при переходе к более мелким фракциям общее содержание кремния и оксида алюминия несколько увеличивается, а оксида железа – снижается.

Кроме того, данные РФА и РФЭД-анализов свидетельствуют об отсутствии в составе СК токсичных и опасных веществ (I–III классов опасности).

Опытные образцы составов сорбентов на основе отходов СК и МГ исследовали на эффективность адсорбции при очистке модельных сточных вод, содер-

жащих соли Fe(III) с концентрацией 0,7 мг/л (предельно допустимая концентрация железа в питьевой воде 0,3 мг/л) и Cr(VI) с концентрацией 0,1 мг/л (предельно допустимая концентрация хрома в питьевой воде 0,05 мг/л). Было установлено, что крупные фракции СК размером более 0,9 мм достаточно эффективно поглощают тяжелые металлы (рис. 1), а мелкие фракции размером менее 0,9 мм использовать в чистом виде было невозможно из-за низкой пропускной способности при обычном давлении. Поэтому для получения сорбента был использован не чистый отход СК, а его композиция с МГ, которая подвергалась нагреву при температурах 400, 600 и 800°C в течение 1 часа. Кроме того, как было показано в работе [6], гуматы приводят к повышению адсорбционной эффективности в процессе очистки сточных вод от тяжелых металлов, поэтому в ряде экспериментов были исследованы образцы, модифицированные ГС микро- и наноразмерным слоем.

Концентрации ионов железа и хрома определялись по известным методикам с применением комплексонометрии и спектро-фотометрии [24, 25].

Исследование процесса очистки модельных сточных вод от ионов железа и хрома проводилось при комнатной температуре в проточном режиме: в колонку диаметром 10 мм и высотой 200 мм загружали сорбент, через который пропускалась модельная сточная вода со скоростью 0,3–0,5 дм³/ч [26].

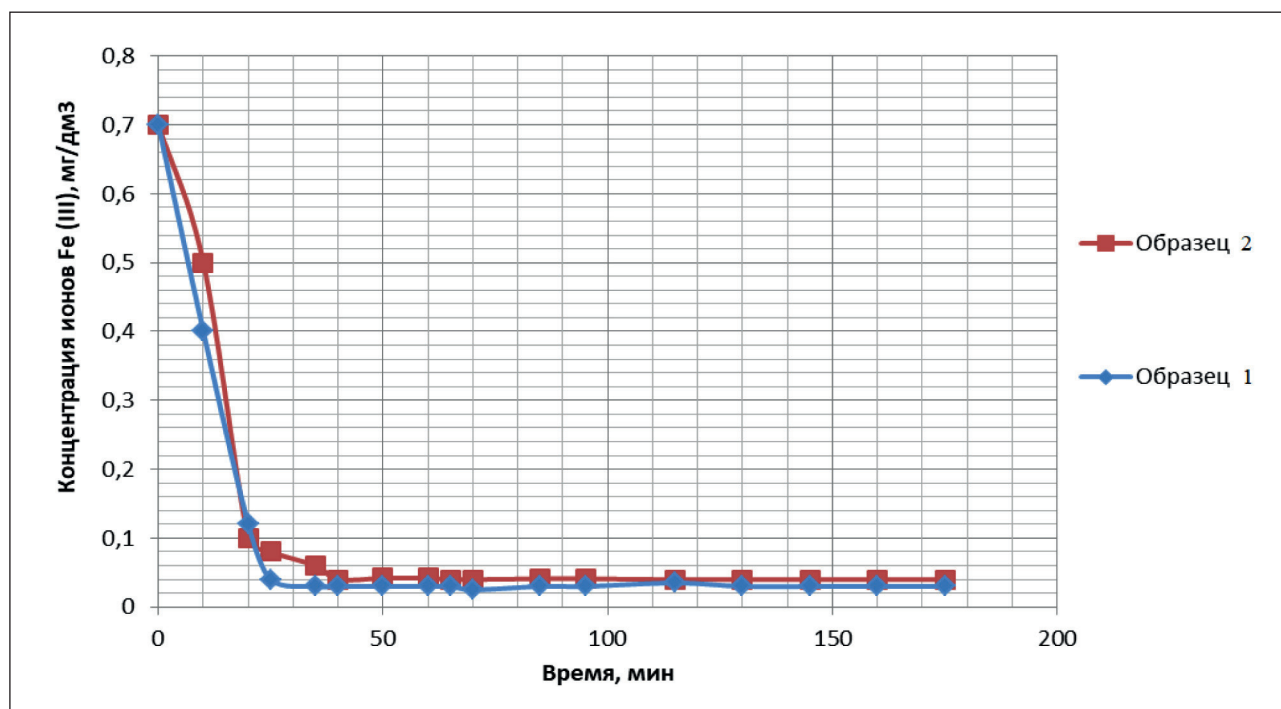


Рис. 1. Кинетические кривые снижения концентрации ионов железа (III) в модельном растворе сточных вод в процессе пропускания через образцы 1 и 2

Исследования проводились с использованием сорбентов различного состава:

- образец 1 – «СК» (использовалась фракция СК размером более 0,9 мм, без прокаливания);
- образцы 2, 2-1 и 2-2 – «СК+МГ» (фракция размером менее 0,9 мм, прокаленная при 800, 600 и 400°C, соответственно);

- образец 3 – «СК» (фракция размером более 0,9 мм, без прокаливания, с нанесением ГС (1%));
- образец 4 – «СК+МГ» (использовалась фракция размером менее 0,9 мм, прокаленная при 800°C, с последующим нанесением ГС (1%)).

Кинетические кривые зависимости концентрации ионов железа и хрома в модельных растворах

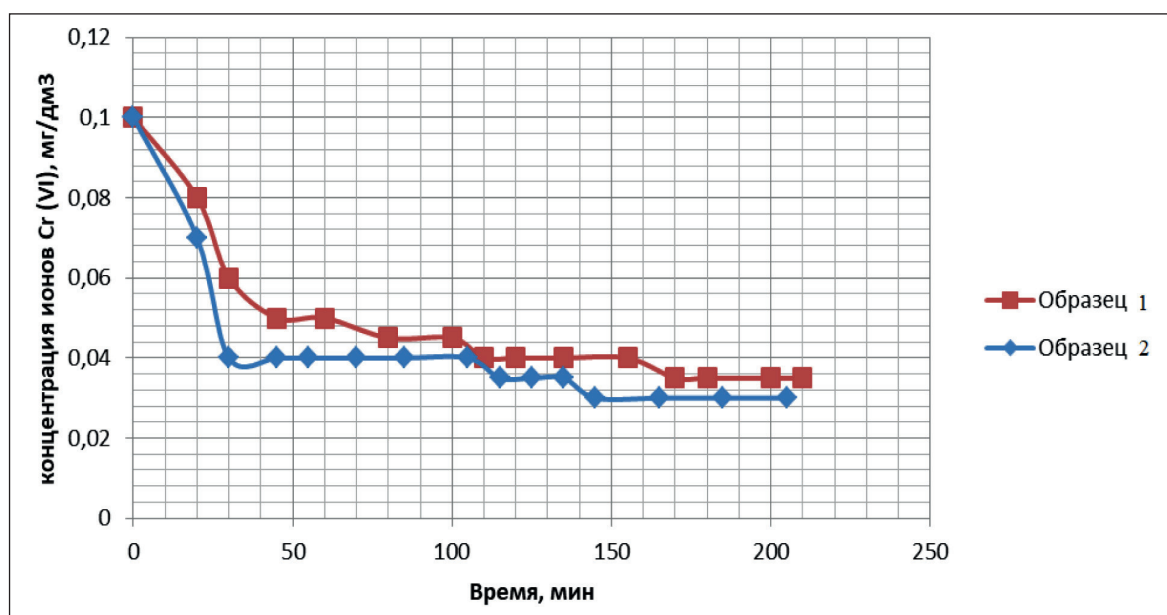


Рис. 2. Кинетические кривые снижения концентрации ионов хрома (VI) в модельном растворе сточных вод в процессе пропускания через образцы 1 и 2

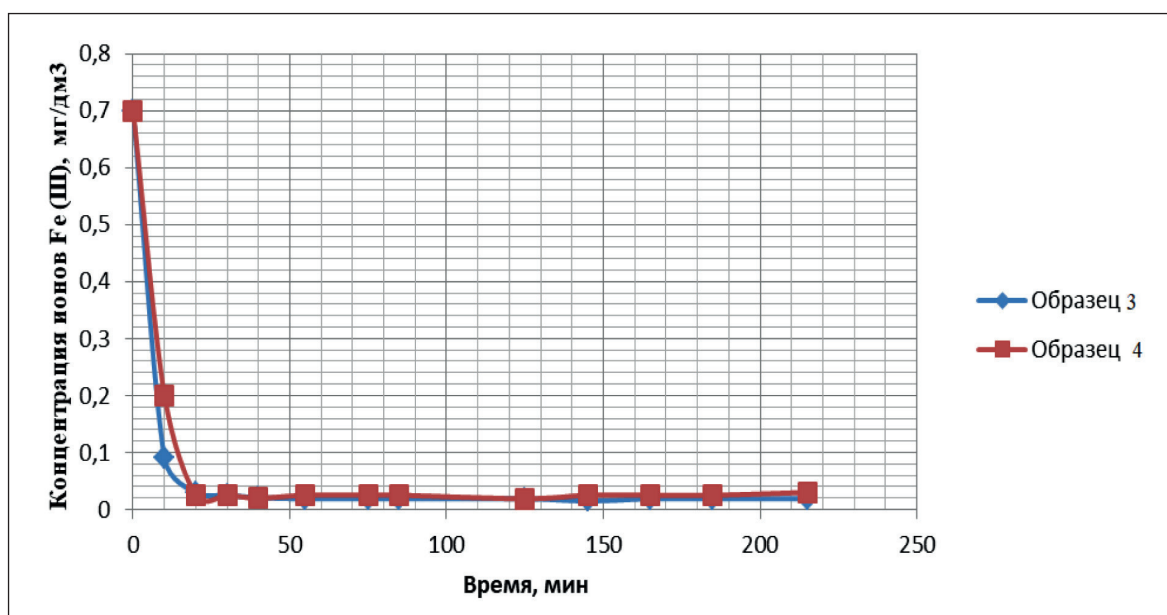


Рис. 3. Кинетические кривые снижения концентрации ионов железа (III) в модельном растворе сточных вод в процессе пропускания через образцы 3 и 4

Таблица 2

Эффективность очистки модельных сточных вод с применением сорбентов на основе отходов СК и МГ

Условия получения сорбентов			Исходная концентрация ионов тяжелых металлов в модельной сточной воде			
Размер фракций сорбента, мм	Содержание МГ в сорбенте, % вес.	Температура модификации сорбента, °С	0,7 мг/л ионов Fe		0,1 мг/л ионов Cr	
			Содержание ГС в сорбенте после их модификации гуматами, % вес.			
			0	1	0	1
			Эффективность очистки от ионов тяжелых металлов (α), %			
более 0,9	0	20	99,0	99,5	65,0	—
менее 0,9	50	400	57,1	—	—	—
		600	88,5	—	—	—
		800	94,3	97,3	70,0	—

сточных вод после пропускания их через композиционные сорбенты на основе отходов СК приведены на рис. 1–3.

Эффективность сорбции или степень поглощения (α) определялась по формуле:

$$\alpha = (C_{\text{исх}} - C) \cdot 100 / C_{\text{исх}},$$

где $C_{\text{исх}}$ и C – исходная и равновесная концентрации ионов тяжелых металлов в растворе, соответственно, мг/дм³.

Экспериментальные данные по изучению зависимости эффективности сорбции и степени поглощения (α) от фракционного состава отходов СК и условий модификации сорбентов приведены в табл. 2.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что образец 1 показал эффективность сорбции ионов железа 99% и ионов хрома – 65 %, соответственно.

Композиции на основе СК (фракция размером менее 0,9 мм) и МГ, подвергшиеся термической обработке при температурах 400 и 600°С, показали эффективность 57,1 и 88,5%, соответственно. Наибольшая степень очистки модельных сточных вод была установлена для образца 2 (прокаленного при 800°С) – 94,3%.

Образцы сорбентов с нанесенными на их поверхность гуминовыми соединениями (1%), полученными методом щелочной экстракции отходов добычи бурого угля, показывают максимальную эффективность: наблюдается рост при переходе от образца 1 к образцу 3 – 99 и 99,5%, а от образца 2 к образцу 4 – 94,3 и 97,3%, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что композиционные сорбенты, полученные на основе отходов добычи и обработки слюдянистого кварцита и монтмориллонитовых глин, модифицированные двумя методами (предварительная термическая обработка гранулированного кварцита при температурах 400–800°С и нанесение ГС на поверхность сорбента микро- и наноразмерным слоем) могут быть использованы для эффективной очистки сточных вод промышленных предприятий от тяжелых металлов (на примере ионов Fe(III), Cr(VI)).

Изучена зависимость эффективности сорбентов от их химического и фракционного состава, от влияния температуры модификации и нанесения ГС на поверхность микро- и наноразмерным слоем.

Установлено, что наибольшая эффективность адсорбции наблюдается для образцов 1 и 3.

REFERENCES

1. Voronov Yu.V., Alekseev E.V., Salomeev V.P., Pugachev E.A. Vodootvedenie [Water disposal]. Moscow, INFRA, 2007. 261 p. (In Russian).
2. Burenin V.V. Ochistka i bezvrezhivanie stochnyh vod promyshlennyh predpriyatiy [Cleaning and neutralization of sewage of the industrial enterprises]. Himicheskaya tekhnika [Chemical equipment]. 2009. no. 7. pp. 37–41. (In Russian).
3. Zhukov A.I., Mongajit I.L., Rodziller I.D. Metody ochistki proizvodstvennyh stochnyh vod: spravocnoe posobie [Methods of purification of production sewage: handbook]. Moscow, Strojizdat, 1977. 111 p. (In Russian).
4. Tuktarova I.O., Malikova T.Sh., Tuktarova I.F. Ocenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu i ekologicheskaya ekspertiza: uchebno-metodicheskoe posobie po provedeniyu prakticheskikh zanyatij [Environmental impact assessment and environmental assessment: an educational and methodical grant on carrying out a practical training]. Ufa, UGUES, 2015. 71 p. (In Russian).
5. Ismagilov Z.R. Sovremennye problemy glubokoy pererabotki uglya i uglekhemii [Modern problems of deep processing of coal and coal chemistry]. Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Kompleksnyj podhod k ispol'zovaniyu i pererabotke uglya» [Works of the International scientific and practical conference «Integrated Approach to Use and Processing of Coal»]. Dushanbe. 2013. pp. 15–16. (In Russian).
6. Nazarov A.M., Latypova F.M., Araslanova L.Kh., Sal'manova E.R., Tuktarova I.O. Research of efficiency of natural and modified sorbents for purification of industrial sewage from heavy metal ions. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 5, pp. 125–143. DOI: dx.doi. org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-125-143. (In Russian).
7. Latypova F.M., Araslanova L.X., Garankov I.N., Smolova I.N. Adsorbcionnaya ochistka stochnyh vod na prirodnyh sorbentah [Adsorptive sewage treatment on natural sorbents]. Sbornik nauchnyh statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Strategiya Respubliki Bashkortostan – 2030: priority ehkonomicheskogo rosta» [Collection of scientific articles of the All-Russian scientific and practical conference «The Strategy of the Republic of Bashkortostan – 2030: priorities of economic growth»]. Ufa: USPTU, 2017. pp. 189–191. (In Russian).
8. Izyumov Yu.A., Chernenko Yu.V. Ochistka stochnyh vod s pomoshch'yu promyshlennyh othodov [Sewage treatment by means of industrial wastes]. Sovershenstvovanie metodov gidravlicheskih raschetov vodopropusknyh i ochistnyh sooruzhenij [Improvement of methods of hydraulic calculations of water throughput and treatment facilities. Ecology of industrial production]. 2016. Vol. 1, no. 1 (42). pp. 106–112. (In Russian).
9. Stepanov S.V., Panfilova O.N., Abdugaffarova K.K. Doochistka stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov novym sorbentom na osnove modifitsirovannyh glin [Removing heavy metal ions from wastewater in the process of tertiary treatment with a new sorbent based on modified clays]. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and the sanitary equipment]. 2018. no. 1. pp. 46–50. (In Russian).
10. Vinogradov S.S. Ekologicheski bezopasnoe gal'vanicheskoe proizvodstvo [Ecologically safe galvanic production]. M.: Production and publishing enterprise «Globus», 1998. 302 p. (In Russian).
11. Godymchuk A.Yu. Tekhnologiya izgotovleniya silikatno-karbonatnyh sorbentov dlya ochistki vody ot kationitov tyazhelyh metallov: PhD thesis. [Manufacturing techniques of silicate and carbonate sorbents for water purification from cation exchangers of heavy metals: diss. ... cand. tech. sci.]. Tomsk. 2003. 192 p. (In Russian).
12. Malkin P. Wastewater treatment from heavy metal ions using nanoactivated complexes of natural zeolite and diatomite. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 2, pp. 21–41. DOI: dx.doi. org/10.15828/2075-8545-2018-10-2-21-41. (In Russian).
13. Rys'ev O.A., Shirokova Z.V. Sposob sorbcionnoj ochistki pit'evoy vody [Way of sorption cleaning of drinking water]. Patent RF 2074120 [Patent of the Russian Federation 2074120]. 1995. (In Russian).
14. Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Spivak M.E., Dikusarov V.G. Sposob polucheniya sorbenta na mineral'noj osnove [Sposob of receiving a sorbent on a mineral basis]. Patent RF 2311955 [Patent of the Russian Federation 2311955]. 2007. (In Russian).
15. Greg S., Sing K. Adsorbciya, udel'naya poverhnost', poristost' [Adsorption, specific surface, porosity]. Moscow, Mir, 1984. 36 p. (In Russian).
16. Museev T.S., Soldatov K.V. Analiz sovremennyh sorbentov, na osnove materialov organicheskogo proiskhozhdeniya [The analysis of modern sorbents, on the basis of materials of organic origin]. Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Current problems of humanitarian and natural sciences]. 2017. no. 1-1. pp. 69–73. (In Russian).
17. Latypova F.M., Araslanova L.H., Lukmanov I.I., Garankov I.N. Issledovanie adsorbciennykh svoystv prirodnyh sorbentov dlya ochistki stochnyh vod [Study of adsorption properties of natural sorbents for wastewater treatment]. Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Bulatovskie chteniya» [Materials II of the International scientific and practical conference «Bulatovsky Readings»]. Tom 5 [Vol. 5]. Krasnodar: «Izdatel'skij Dom – Yug». 2018. pp. 155–158. (In Russian).
18. Zhumamurat M.S., Ahmetova A.B. Vybor prirodnyh sorbentov dlya ochistki stochnyh vod [Choice of natural sorbents for sewage treatment]. Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire [Relevant scientific research in the modern world]. 2017. no. 1–3 (21). pp. 116–125. (In Russian).
19. Stepanov S.V., Panfilova O.N. Analiz sovremennyh tekhnologij doochistki stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov [The analysis of modern technologies of tertiary treatment of sewage from ions of heavy metals]. Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: sbornik statej [Traditions and an innovation in construction and architecture. Construction technologies: collection of articles]. Samara: SGASU, 2015. pp. 282–287. (In Russian).

20. Dudina S.N. Modificirovanie sorbentov na osnove prirodnyh glinistykh materialov [The modification of sorbents based on natural clay materials]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural sciences] 2013. no. 24 (167). pp. 131–134. (In Russian).

21. Araslanova L.H., Biktasheva L.F., Tuktarova I.F., Bikbaeva E.M. Prirodnye sorbenty dlya ochistki stochnykh vod mashinostroitel'nykh predpriyatij [Natural sorbents for the purification of wastewater engineering enterprises] Devyataya Vserossijskaya konferenciya molodykh uchenykh i specialistov «Budushchee mashinostroeniya Rossii»: sbornik dokladov. [Ninth All-Russian conferences of young scientists and experts «The future of mechanical engineering of Russia»: collection of reports.]. Moscow, MSTU publishing house of N.E. Bauman, 2016. pp. 597–601. (In Russian).

22. Bikbaeva E.R., Smolova I.N., Tuktarova I.F. Prirodnye sorbenty dlya ochistki stochnykh vod ot tyazhelykh metallov [Natural sorbents for sewage treatment from heavy metals]. Trudy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki» [Works X of the International scientific and practical conference of young scientists «Current problems of science and technology»]. Ufa, USPTU, 2017. pp. 192–193. (In Russian).

23. Popov A.I. Guminovye veshchestva: svoystva, stroenie, obrazovanie [Humic substances: properties, the building, education]. Pod red. E.I. Ermakova [Under editorship of E.I. Ermakov]. SPb., Publishing house SPb.: S.-Peterb. university. 2004. 325 p. (In Russian).

24. PNDF 14.1:2.50-96. Metodika vypolneniya izmerenij massovoy koncentracii obshchego zheleza v prirodnykh i stochnykh vodah fotometricheskim metodom s sul'fosalicilovoy kislotoj [A technique of performance of measurements of mass concentration of the general iron in natural and sewage by a photometric method with sulfosalicylic acid]. – Moscow, Gosstandart of Russia: Prod. standards, 2004. 16 p. (In Russian).

25. PNDF 14.1:2.52-96. Kolichestvennyy himicheskij analiz vod. Metodika vypolneniya izmerenij massovoy koncentracii ionov hroma v prirodnykh i stochnykh vodah fotometricheskim metodom s difenilkarbazidom [Quantitative chemical analysis of waters. A technique of performance of measurements of mass concentration of ions of chrome in natural and sewage by a photometric method with difenilkarbazidy]. Moscow, Gosstandart of Russia: Prod. standards, 2004. 10 p. (In Russian).

26. Garankov I.N., Salmanova E.R., Araslanova L.H., Nazarov A.M. Ispol'zovanie othodov dolomita v kachestve sorbentov tyazhelykh metallov [Use of waste of dolomite as sorbents of heavy metals]. Stat'i i tezisy VII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Vodosnabzhenie, vodootvedenie i sistemy zashchity okruzhayushchej sredy» [Articles and theses of the VII International scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists «Water supply, water disposal and systems of environment protection»]. Ufa, USPTU, 2018. pp. 96–98. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов Ю.В. Водоотведение / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, В.П. Саломеев, Е.А. Пугачев. – М.: ИНФРА, 2007. – 261 с.
2. Буренин В.В. Очистка и обезвреживание сточных вод промышленных предприятий // Химическая техника. – 2009. – № 7. – С. 37–41.
3. Жуков А.И. Методы очистки производственных сточных вод: справочное пособие / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1977. – 111 с.
4. Туктарова И.О., Маликова Т.Ш., Туктарова И.Ф. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза: учебно-методическое пособие по проведению практических занятий. – Уфа: УГУЭС, 2015. – 71 с.
5. Исмагилов З.Р. Современные проблемы глубокой переработки угля и углехимии // Труды Международной научно-практической конференции «Комплексный подход к использованию и переработке угля». – Душанбе, 2013. – С. 15–16.
6. Назаров А.М., Латыпова Ф.М., Арасланова Л.Х., Сальманова Э.Р., Туктарова И.О. Исследование эффективности природных и модифицированных сорбентов для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 5. – С. 125–143. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-125-143.
7. Латыпова Ф.М., Арасланова Л.Х., Гараньков И.Н., Смолова И.Н. Адсорбционная очистка сточных вод на природных сорбентах // Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции «Стратегия Республики Башкортостан - 2030: приоритеты экономического роста». – Уфа: УГНТУ, 2017. – С. 189–191.
8. Изюмов Ю.А., Черненко Ю.В. Очистка сточных вод с помощью промышленных отходов // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. – 2016. – Том 1, № 1 (42). – С. 106–112.
9. Степанов С.В., Панфилова О.Н., Абдугаффарова К.К. Доочистка сточных вод от ионов тяжелых металлов новым сорбентом на основе модифицированных глин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – № 1. – С. 46–50.
10. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. – М.: Производственно-издательское предприятие «Глобус», 1998. – 302 с.
11. Годымчук А.Ю. Технология изготовления силикатно-карбонатных сорбентов для очистки воды от катионов тяжелых металлов: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2003. – 192 с.
12. Малкин П. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью наноактивированных комплексов природного цеолита и диатомита // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 2. – С. 21–41. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-2-21-41.

13. Рысьев О.А., Широкова З.В. Способ сорбционной очистки питьевой воды // Патент РФ 2074120. – 1995.
14. Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Спивак М.Е., Дикусаров В.Г. Способ получения сорбента на минеральной основе // Патент РФ 2311955. – 2007.
15. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984. – 36 с.
16. Мусеев Т.С., Солдатов К.В. Анализ современных сорбентов, на основе материалов органического происхождения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 1–1. – С. 69–73.
17. Латыпова Ф.М., Арасланова Л.Х., Лукманов И.И., Гараньков И.Н. Исследование адсорбционных свойств природных сорбентов для очистки сточных вод // Материалы II Международной научно-практической конференции «Булатовские чтения». – Краснодар: «Издательский Дом - Юг», 2018. – Том 5. – С. 155–158.
18. Жумамурат М.С., Ахметова А.Б. Выбор природных сорбентов для очистки сточных вод // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 1–3 (21). – С. 116–125.
19. Степанов С.В., Панфилова О.Н. Анализ современных технологий доочистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей. – Самара: СГАСУ, 2015. – С. 282–287.
20. Дудина С.Н. Модифицирование сорбентов на основе природных глинистых материалов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 24 (167). – С. 131–134.
21. Арасланова Л.Х., Бикташева Л.Ф., Туктарова И.Ф., Бикбаева Э.М. Природные сорбенты для очистки сточных вод машиностроительных предприятий // Девятая Всероссийская конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: сборник докладов. – Москва: Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2016. – С. 597–601.
22. Бикбаева Э.Р., Смолова И.Н., Туктарова И.Ф. Природные сорбенты для очистки сточных вод от тяжелых металлов / Труды X Международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники». – Уфа: УГНТУ, 2017. – С. 192–193.
23. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / Под ред. Е.И. Ермакова. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 325 с.
24. ПНДФ 14.1:2.50-96. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. – М.: Госстандарт России: Изд. стандартов, 2004. – 16 с.
25. ПНДФ 14.1:2.52-96. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов хрома в природных и сточных водах фотометрическим методом с дифенилкарбазидом. – М.: Госстандарт России: Изд. стандартов, 2004. – 10 с.
26. Гараньков И.Н., Сальманова Э.Р., Арасланова Л.Х., Назаров А.М. Использование отходов доломита в качестве сорбентов тяжелых металлов // Статьи и тезисы VII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». – Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 96–98.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Araslanova Lyaisan Khadisovna, Assistant of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062, oosripr@rusoil.net;

Salmanova Elina Ravilevna, Engineer of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062, oosripr@rusoil.net;

Solovyeva Elena Anatolievna, Ph.D. in Engineering, associate Professor of the Department «Machines and apparatus of food production», Bashkir Institute of technology and management branch of the Moscow state University of technology and management named after K.G. Razumovsky», Meleuz, Bashkortostan Republic, Russia, 453850, solovyeva25@yandex.ru;

Larkina Alfa Alpyspaevna, Post-graduate student, senior lecturer of the Department «Machines and apparatus of food production», Bashkir Institute of technology and management branch OF the Moscow state University of technology and management named after K. G. Razumovsky», Meleuz, Bashkortostan Republic, Russia, 453850, alfaais@mail.ru;

Tuktarova Iren Olvertovna, Ph.D. in Engineering, Professor, Head of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062, umrko@mail.ru;

Nazarov Alexey Mikhaylovich, Doctor of Chemistry, Professor of the Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062, oosripr@rusoil.net

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Арасланова Ляйсан Хадисовна, ассистент каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, oosripr@rusoil.net;

Сальманова Элина Равильевна, инженер каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, oosripr@rusoil.net;

Соловьева Елена Анатольевна, канд. техн. наук, доцент каф. «Машины и аппараты пищевых производств», Башкирский институт технологий и управления филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского», ул. Смоленская, 34, г. Мелеуз, Республика Башкортостан, Россия, 453850, solovyva25@yandex.ru;

Ларькина Альфия Алпыспаевна, аспирант, ст. преподаватель каф. «Машины и аппараты пищевых производств», Башкирский институт технологий и управления филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского», ул. Смоленская, 34, г. Мелеуз, Республика Башкортостан, Россия, 453850, alfaais@mail.ru;

Туктарова Ирэн Ольвертовна, канд. техн. наук, доц., зав. каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, umrko@mail.ru;

Назаров Алексей Михайлович, д-р хим. наук, проф. каф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, oosripr@rusoil.net

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: umrko@mail.ru