

Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 3 (143). С. 195-204. ISSN 1998-8443 (print)
Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2023. Issue 3 (143). P. 195-204. ISSN 1998-8443 (print)

Научная статья

УДК 628.3

doi: 10.17122/ntj-oil-2023-3-195-204

EDN: GJYOJK

НОВЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Алексей Михайлович Назаров¹, Ляйсан Хадисовна Арасланова²

^{1, 2}Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

¹nazarovam1501@gmail.com

²ALyaysan@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: **Алексей Михайлович Назаров**,
nazarovam1501@gmail.com

Аннотация. Одним из наиболее распространенных видов экотоксикантов являются нефтепродукты - неидентифицированная группа углеводородов нефти и продуктов ее переработки. В связи с этим разработана технология получения новых высокоэффективных и недорогих сорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов (в том числе на основе промышленных отходов) является актуальной проблемой. В данной работе предложена методика очистки сточных вод от нефтепродуктов с использованием композиционных сорбентов на основе отходов: хвостов Учалинского (СУ), Бурибаевского (СБ), Сибайского (СС) горнообогатительных комбинатов (ГОК), глины Талалаевского месторождения (Г) и гуматов натрия (ГН), полученных из отходов добычи Тюльганского бурого угля. Была исследована эффективность очистки с использованием данных сорбентов модельных сточных

вод, загрязненных нефтью Возейского месторождения ООО «Усинск Нефтегаз» (УНГ) и реальных сточных вод Уфимского НПЗ АНК (УНПЗ) «Башнефть». Показано, что эффективность очистки и скорость процесса адсорбции модельных сточных вод, содержащих нефтепродукты (8-50 мг/дм³), возрастает в ряду сорбентов БАУ - А < СС + Г < СБ + Г < СУ + Г < СУ + Г + ГН (где БАУ - А сорбент сравнения, активированный уголь) и максимальны для ГОК, покрытых ГН. Для реальных сточных вод, содержащих нефтепродукты Уфимского НПЗ (3-625 мг/л), адсорбционная активность возрастает в ряду СС + Г < СБ + Г < СУ + Г. Таким образом, наиболее эффективными сорбентами для реальных и модельных сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты, являются сорбенты на основе отходов Учалинского ГОК в композиции с глиной (степень очистки 96,1 %), а также СУ, модифицированные ГН (98,2 %).

Ключевые слова: сорбенты, отходы горнодобывающей промышленности, гуминовые соединения, горно-обогатительный комбинат, нефтепродукты, сточные воды

Для цитирования: Назаров А. М., Арасланова Л. Х. Новые сорбенты на основе отходов производств для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 3 (143). С. 195-204. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2023-3-195-204>.

Original article

NEW SORBENTS BASED ON INDUSTRIAL WASTE FOR WASTEWATER TREATMENT FROM PETROLEUM PRODUCTS

Alexey M. Nazarov¹, Laysan Kh. Araslanova²

^{1, 2}Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

¹nazarovam1501@gmail.com

²ALyaysan@yandex.ru

Corresponding author: **Alexey M. Nazarov**, nazarovam1501@gmail.com

Abstract. One of the most common types of ecotoxics are petroleum products - an unidentified group of petroleum hydrocarbons and products of its processing. In this regard, the development of technology for obtaining new highly efficient and inexpensive sorbents for wastewater treatment from petroleum products (including those based on industrial waste) is an urgent problem. In this paper, a method of wastewater treatment from petroleum products using composite sorbents based on wastetailings of Uchalinsky (SU), Buribaevsky (SB), Sibaysky (SS) mining and processing (GOK), and clay of the Talalaevsky deposit (G) and sodium humates (GN) obtained from the waste of the Tyulgan brown coal. The efficiency plants of purification was investigated using these sorbents of model wastewater contaminated with oil from the Vozeysskoye field of

Usinsk Neftegaz LLC and real wastewater from the Ufa refinery of ANC Bashneft. It is shown that the efficiency of purification and the rate of adsorption of model wastewater containing petroleum products (8-50 mg/dm³) increases in a number of sorbents BAU - A < CC + G < SB + G < SU + G SU + G + GN (where BAU - A sorbent of comparison, activated carbon) and are maximal for GOK covered with GN. For real wastewater containing petroleum products of the Ufa refinery (3-625 mg/dm³), the adsorption activity increases in the series CC + G < SB + G < SU + G. Thus, the most effective sorbents for real and model wastewater containing oil and petroleum products are sorbents based on Uchalinsky GOK waste in a composition with clay (degree of purification 96.1 %), as well as SU modified GN (98.2 %).

Keywords: sorbents, mining waste, mining and processing plant, oil products, wastewater

For citation: Nazarov A. M., Araslanova L. Kh. Novyye sorbenty na osnove otkhodov proizvodstv dlya ochistki stochnykh vod ot nefteproduktov [New Sorbents Based on Industrial Waste for Wastewater Treatment from Petroleum Products]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2023, Issue 3 (143), pp. 195-204. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2023-3-195-204>.

Введение

Очистка сточных вод от нефтепродуктов является серьезной проблемой для многих современных предприятий различных отраслей промышленности (нефтепереработки, нефтехимии, машиностроения, энергетики) [1].

В настоящее время используется большое количество методов очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов с использованием различных реагентов и сорбентов [2], многие из которых имеют высокую стоимость и не всегда эффективны, поэтому поиск недорогих и эффективных сорбентов для очистки сточных вод промышленных предприятий от нефтепродуктов является важной и актуальной задачей [3].

Одним из источников сырья для сорбентов являются промышленные отходы, в том числе отходы производств горно-обогатительных комбинатов ГОК. Было показано, что сорбенты на основе отходов ГОК, доломита и других нерудных материалов демонстрируют высокую эффективность в процессе очистки сточных вод от тяжелых металлов [4, 5].

Целью настоящей работы является разработка методики и составов сорбентов на основе отходов ГОК, глины, отходов бурого угля, а также исследование эффективности метода очистки сточных вод, содержащих

нефть и нефтепродукты, с применением данных сорбентов.

Объектами исследования являются модельные сточные воды нефтедобывающих предприятий и реальные стоки нефтепереработки и сорбенты, полученные на основе отходов-хвостов Учалинского (СУ), Сибайского (СС) и Бурибаевского (СБ) горно-обогатительного комбината [5].

Экспериментальная часть и методики анализа

Для исследования эффективности очистки модельных сточных вод, загрязненных нефтью, и реальных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, использовали сорбенты, полученные на основе отходов: хвостов обогащения Учалинского, Бурибаевского и Сибайского горно-обогатительных комбинатов и глины Талалаевского месторождения (Г) с добавлением и без добавления гуминовых веществ (ГН), а также сорбент сравнения БАУ-А (ООО «УралХимСорб», г. Пермь).

Сорбенты получали по методике, аналогичной [6]. На основе отходов ГОК и Г получали композицию, которую гранулировали, затем высушивали при температуре 100-200 °С, фракционировали, отбирали фракцию 0,5-0,9 мм с последующей термической обработкой 700-900 °С.

Для модификации поверхностей сорбентов использовали раствор ГН (массовое соотношение 1 %). Гуматы выделяли из отходов добычи бурого угля по методике, аналогичной [7].

Эффективность очистки модельных сточных вод, содержащих нефть, с помощью сорбентов на основе отходов изучали стационарным методом [6-8].

В модельный раствор, приготовленный из дистиллированной воды с добавкой в качестве загрязняющего вещества сырой нефти, полученной на Возейском месторождении УНГ (образцы Н-1 и Н-2, физико-химические характеристики образцов приведены в таблице 1), объемом 100 мл помещали по 10 г сорбента, перемешивали в течение 90-120 мин.

Отбирали пробы воды каждые 10 мин и анализировали содержание нефтепродуктов методом поглощения в ИК области на анализаторе АН-3 [9, 10].

Таблица 1. Физико-химические характеристики образцов нефти Возейского месторождения Н-1 и Н-2

Table 1. Physical and chemical characteristics of oil samples from the Vozeyskoye field Н-1 and Н-2

Характеристика	Нефть Н-1	Нефть Н-2
Содержание смол, % масс.	0,27	0,38
Асфальтенов, % масс.	0,36	0,43
Парафинов, % масс.	7,3	17,0
Начало кипения, °С	43	63
Выкипает % об.:		
до 150 °С	20,0	11,0
до 200 °С	32,0	22,0
до 300 °С	52,0	45,0
до 350 °С	-	50,1

Для очистки реальных образцов сточных вод УНПЗ с концентрацией 2-350 мг/л использовали сорбенты, полученные на основе отходов Учалинского ГОК, Бурибаевского ГОК и Сибайского ГОК.

К СВ объемом 300 мл добавляли по 5 г сорбента и перемешивали в течение 90-150 мин. Через равные промежутки времени отбирали пробы и проводили анализ содержания нефтепродуктов на анализаторе Н-3.

Кроме того, было изучено влияние температуры подготовки сорбентов в интервале 700-900 °С на эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов на примере сорбента на основе отходов Учалинского ГОК.

Результаты экспериментальных исследований

Исследование эффективности очистки сточных вод, загрязненных нефтью и нефтепродуктами

Типичные зависимости концентрации нефтепродуктов от времени адсорбции и эффективности очистки для модельных загрязненных образцами нефти Возейского месторождения Н-1 и Н-2 сточных вод в стационарном режиме, а также реальных сточных вод УНПЗ представлены на рисунках 1, 2.

Эффективность адсорбции определяли по формуле:

$$E = (C_0 - C_t) / C_0 \cdot 100 \%,$$

где C_0 и C_t - концентрации нефтепродуктов в начальный момент и момент времени t .

Результаты определения максимальной эффективности очистки модельных СВ, загрязненных нефтью, Н-1 и Н-2 сорбентами, полученными на основе отходов ГОК, а также с использованием образцов сравнения активированного угля БАУ-А представлены в таблице 2.

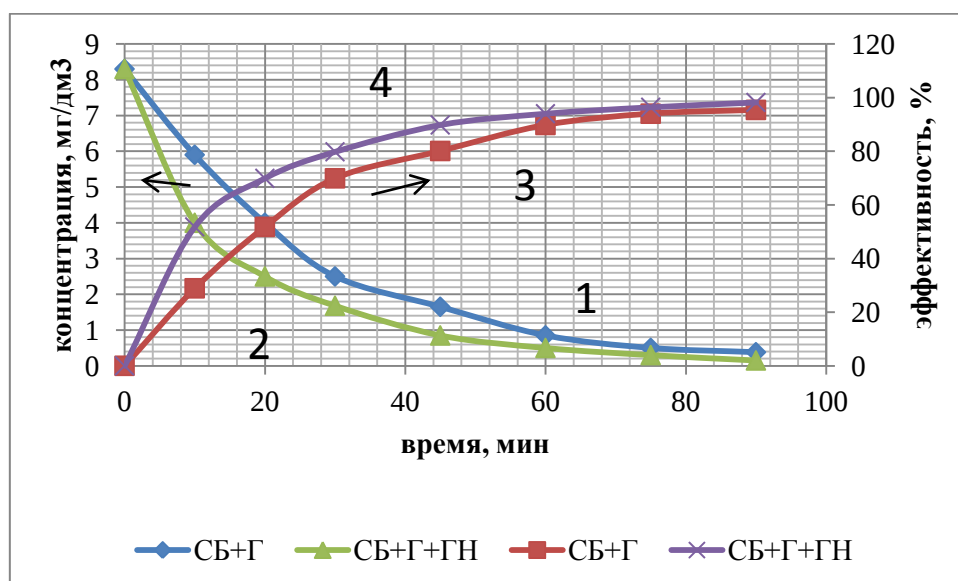


Рисунок 1. Зависимость концентрации загрязнителя (1 - сорбенты СБ + Г и 2 - СБ + Г + ГН) и эффективности очистки (3 - сорбент СБ + Г, 4 - СБ + Г + ГН) от времени в процессе очистки модельных загрязненных нефтью Возейского месторождения Н-1 сточных вод

Figure 1. Dependence of pollutant concentration (1 - sorbents СБ + Г and 2 - СБ + Г + ГН) and purification efficiency (3 - sorbent SB + G, 4 - SB + G + GN) on time in the process of cleaning model oil-contaminated Vozeyskoye field H-1 wastewater

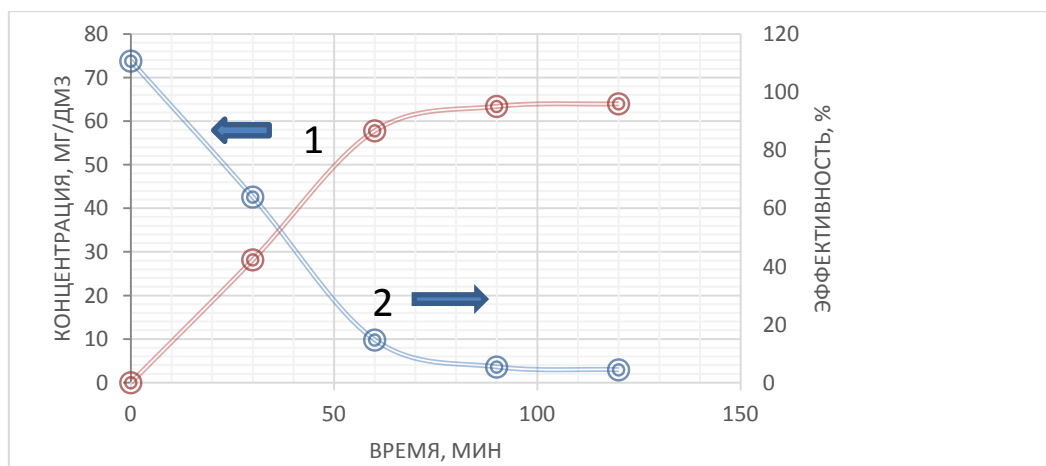


Рисунок 2. Зависимость концентрации (кривая 1) и (кривая 2) эффективности поглощения нефтепродуктов от времени (сточные воды УНПЗ, сорбент СУ + Г - 900 °С)

Figure 2. Dependence of the concentration (curve 1) and (curve 2) of the absorption efficiency of oil products on time (wastewater from the Ufa refinery, sorbent СУ + Г - 900 °С)

Значения показателей эффективности адсорбции нефтепродуктов для сточных вод Уфимского НПЗ, загрязненных нефтепродуктами, представлены в таблице 3. Как следует из результатов (таблица 2), модификация растворами гумата натрия сорбентами на основе ГОК приводит к увеличению эффективности адсорбции по сравнению с немодифи-

цированным сорбентом. Кроме того, следует отметить, что начальная концентрация углеводородов в модельных сточных водах УНГ (нефть Н1) - 8,3 мг/дм³, что в 27 раз превышает ПДК на нефтепродукты для сточных вод (0,3 мг/дм³). После применения сорбента концентрация снижается до 0,15 мг/дм³, что вдвое меньше ПДК (таблица 2).

Таблица 2. Зависимости эффективности очистки модельных сточных вод от нефтяных загрязнений (Возейского месторождения ООО «Усинск НефтеГаз» (Лукойл Коми)) и констант скорости псевдопервого порядка процесса адсорбции от состава сорбентов

Table 2. Dependences of the efficiency of purification of model wastewater from oil pollution (Vozeyskoye field of ООО Usinsk NefteGaz (Lukoil Komi)) and pseudo-first-order rate constants of the adsorption process on the composition of sorbents

Сорбент, состав	Образец нефти (концентрация, мг/дм ³)					
	Н-1 (8,3)		Н-1 (36,2)		Н-2 (50)	
	Е, %	$k \cdot 10^{-2}$, мин ⁻¹	Е, %	$k \cdot 10^{-2}$, мин ⁻¹	Е, %	$k \cdot 10^{-2}$, мин ⁻¹
СУ + Г		3,56				
СУ + Г + ГН		4,24	98,2	3,14	89,9	3,47
СБ + Г	95,4	3,2	97,1	3,0		
СБ + Г + ГН	98,2	3,9	98,1	3,58		
БАУ - А	64	2,0	83,5		67,1	1,86

Таблица 3. Зависимости эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов (на примере Уфимского НПЗ) и констант скорости псевдопервого порядка процесса адсорбции от состава сорбентов

Table 3. Dependences of the efficiency of wastewater treatment from oil products (on the example of the Ufa Oil Refinery) and pseudo-first-order rate constants of the adsorption process on the composition of sorbents

Сорбент	Концентрация, мг/дм ³	Эффективность адсорбции Е, %	$k \cdot 10^{-2}$, мин ⁻¹
СУ + Г - 900	73,8	96,0	2,97
СУ + Г - 800	124,2	66,8	2,07
СУ + Г - 700	196,5	38,9	0,37
СБ + Г - 900	6,97	69,0	1,36

Эффективность адсорбции нефтепродуктов возрастает с увеличением температуры подготовки сорбентов на основе отходов УГОК ($700 < 800 < 900$ °C) и при переходе от сорбента СБ к СУ.

Как видно из таблицы 3, максимальная эффективность очистки СВ от нефтепродуктов наблюдается для сорбента на основе отходов Учалинского ГОК при температуре прокаливания 900 °C составляет 96 %.

Исследование кинетических закономерностей адсорбции нефти и нефтепродуктов

Исследование кинетических закономерностей адсорбции нефтяных загрязнений из модельных сточных вод были проведены с применением сорбентов на основе отходов ГОК и сорбента сравнения БАУ-А. Зависимость концентрации нефтепродуктов от времени спрямляли в координатах уравнения адсорбции псевдопервого порядка:

$$C_0 = C_t \cdot e^{-kt}, \quad (1)$$

или

$$\ln C = \ln C_0 - kt, \quad (2)$$

где C_0 , C_t - начальная и текущая концентрация нефтепродуктов в момент времени t

k - эффективная константа скорости процесса адсорбции.

Типичная зависимость $\ln C$ от времени для процесса очистки сточных вод загрязненных нефтью Возейского месторождения с помощью сорбентов на основе отходов ГОК в рамках уравнения (2) приведена на рисунке 3.

Зависимости констант скорости адсорбции псевдопервого порядка для модельных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами представлены в таблице 2.

Необходимо подчеркнуть, что эффективность очистки, а также значения констант скорости адсорбции одновременно возрастают в ряду: БАУ < СБ + Г $\approx$ СУ + Г < СБ + Г + ГН $\approx$ СУ + Г + ГН.

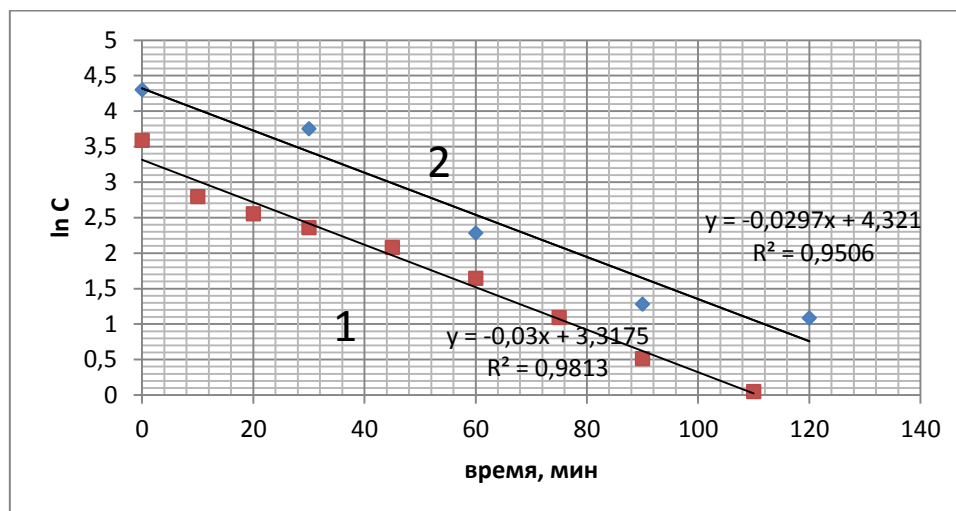


Рисунок 3. Полулогарифмическая зависимость концентрации загрязнителя от времени (сорбенты СУ + Г - 900 (1) и СБ + Г (2), модельные сточные воды, содержащие нефть Возейского месторождения, УНГ, $C_0 = 8,3$ мг/дм³)

Figure 3. Semilogarithmic dependence of the pollutant concentration on time (sorbents СУ + Г - 900 (1) and СБ + Г - 900 (2), model wastewater containing oil from Vozeyskoye field, УНГ, $C_0 = 8,3$ mg/dm³)

Таким образом, сорбенты на основе отходов Учалинского ГОК в композиции с глиной модифицированной гуматом натрия имеет наибольшую эффективность и также имеют максимальную скорость адсорбции, т.е. может быть рекомендован для дальнейшего использования. Кинетические зависимости для процессов очистки реальных сточных вод от нефтепродуктов на примере Уфимского нефтеперерабатывающего завода ПАО АНК «Башнефть» были исследованы с применением сорбентов на основе отходов Учалинского, Бурибаевского ГОК в композиции с глиной при температуре прокаливании 900 °С, а также для сорбентов СУ для ряда температур подготовки - 700, 800, 900 °С. Спрямление проводили в рамках уравнения (2).

Отметим, что константы скорости процесса адсорбции, а также эффективность адсорбции E возрастают при переходе от $СБ + Г < СУ + Г$ (900 °С), а также увеличивается с ростом температуры подготовки сорбентов в ряду $СУ + Г$ 700 < 800 < 900 (таблица 3).

Таким образом, наиболее эффективные сорбенты для очистки как модельных сточных вод, содержащих нефть Возейского месторождения, так реальных СВ Уфимского нефтеперерабатывающего завода получены на основе отходов-хвостов Учалинского ГОК, в том числе с температурой подготовки 900 °С, и модифицированных гуматами натрия.

Выводы

Разработан метод очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов с использованием сорбентов на основе отходов ГОК, глины и гуматов натрия (полученного из отходов добычи бурого угля). Изучена зависимость эффективности и скорости адсорбции от состава сорбентов.

Показано, что для модельных сточных вод, загрязненных нефтью Возейского месторождения (8-50 г/дм³) эффективность сорбентов возрастает в ряду: БАУ-А < СС + Г < СБ + Г < СУ + Г < СУ + Г + ГН. Максимальная эффективность очистки и скорости адсорбции получена для сорбентов на основе отходов Бурибаевского ГОК (и Учалинского ГОК) в композиции с глиной и модифицированных гуматом натрия - 98,2-98,1 %, соответственно $k = 3,1-3,6 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$.

Установлено, что для реальных сточных вод Уфимского нефтеперерабатывающего завода эффективность сорбентов и скорость адсорбции увеличивается в последовательности: $СУ + Г$ (700 °С) < $СУ + Г$ (800 °С) < $СБ + Г$ (900 °С) < $СУ + Г$ (900 °С).

Наибольшая эффективность и скорость адсорбции стоков УНПЗ наблюдаются для сорбентов на основе отходов: хвостов Учалинского ГОК в композиции с глиной (температура подготовки 900 °С) - 96,0 % и $k = 2,97 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ соответственно.

Список источников

1. Калинин В.М., Рязанова Н.Е. Экологический мониторинг природных сред: М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 203 с.
2. Фомин Г.С., Фомина О.Н. Нефть и нефтепродукты. Энциклопедия международных стандартов. М.: Протектор, 2016. 508 с.
3. Брагинский О.Б. Нефтегазовый комплекс мира. М.: Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2006. 640 с.
4. Малиновский Ю.М. Нефтегазовая литология. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2009. 80 с.
5. Назаров А.М., Латыпова Ф.М., Арасланова Л.Х., Сальманова Э.Р., Туктарова И.О. Исследование эффективности природных и модифици-

References

1. Kalinin V.M., Ryazanova N.E. *Ekologicheskii monitoring prirodnykh sred: uchebnoe posobie* [Ecological Monitoring of Natural Environments: A Textbook]. Moscow, NITs INFRA-M Publ., 2015. 203 p. [in Russian].
2. Fomin G.S., Fomina O.N. *Neft' i nefteprodukty. Entsiklopediya mezhdunarodnykh standartov* [Oil and Petroleum Products. Encyclopedia of International Standards]. Moscow, Protektor Publ., 2016. 508 p. [in Russian].
3. Braginskii O.B. *Neftgazovyi kompleks mira* [Oil and Gas Complex of the World]. Moscow, Neft' i gaz RGU nefiti i gaza im. I.M. Gubkina, 2006. 640 p. [in Russian].
4. Malinovskii Yu.M. *Neftgazovaya litologiya* [Oil

рованных сорбентов для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2018. Т. 10, № 5. С. 125-143. EDN: VLQAMY.

6. Обуздина М.В., Руш Е.А., Шалунц Л.В. Сорбционная очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов модифицированными природными цеолитами // Безопасность в техносфере. 2017. № 2. С. 56-51. EDN: ZDFCWH.

7. Арасланова Л.Х., Латыпова Ф.М., Лукманов И.И., Гараньков И.Н. Исследование адсорбционных свойств природных сорбентов для очистки сточных вод // Булатовские чтения: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2018. Т. 5. С. 155-158. EDN: XWIPGH.

8. Левкин Н.Д., Афанасьева Н.Н., Маликов А.А., Рыбак В.Л. Очистка сточных вод природными сорбентами // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2014. № 4. С. 37-42.

9. 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 промышленных сточных вод на основе отходов обработки слюдястых кварцитов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2019. Т. 11. № 1. С. 106-116. EDN: VVMFMI.

10. Арасланова Л.Х., Латыпова Ф.М., Хуснутдинов М.Р. Модифицированные сорбенты из природного сырья для очистки сточных вод // Уральский экологический вестник. 2014. № 2. С. 59-61. EDN: VPPGVV.

and Gas Lithology]. Moscow, Rossiiskii universitet druzhby narodov (RUDN), 2009. 80 p. [in Russian].

5. Nazarov A.M., Latypova F.M., Araslanova L.Kh., Sal'manova E.R., Tuktarova I.O. Issledovanie effektivnosti prirodnykh i modifitsirovannykh sorbentov dlya ochistki promyshlennykh stochnykh vod ot ionov tyazhelykh metallov [Research of Efficiency of Natural and Modified Sorbents for Purification of Industrial Sewage from Heavy Metal Ions]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal - Nanotechnologies in Construction: a Scientific Internet-Journal*, 2018, Vol. 10, No. 5, pp. 125-143. EDN: VLQAMY. [in Russian].

6. Obuzdina M.V., Rush E.A., Shalunts L.V. Sorbtionnaya ochistka stochnykh vod ot ionov tyazhelykh metallov modifitsirovannyimi prirodnyimi tseolitami [Sorption Purification of Effluent Water from Heavy Metal Ions by Modified Natural Zeolites]. *Bezopasnost' v tekhnosfere - Safety in Technosphere*, 2017, No. 2, pp. 56-51. EDN: ZDFCWH. [in Russian].

7. Araslanova L.Kh., Latypova F.M., Lukmanov I.I., Garan'kov I.N. Issledovanie adsorbtsionnykh svoistv prirodnykh sorbentov dlya ochistki stochnykh vod [Study of Adsorption Properties of Natural Sorbents for Wastewater Treatment]. *Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Bulatovskie chteniya»* [Materials of the II International Scientific and Practical Conference «Readings Name of A.I. Bulatov»]. Krasnodar, Izdatel'skii Dom - Yug Publ., 2018, Vol. 5, p. 155-158. EDN: XWIPGH. [in Russian].

8. Levkin N.D., Afanas'eva N.N., Malikov A.A., Rybak V.L. Ochistka stochnykh vod prirodnyimi sorbentami [Wastewater Treatment with Natural Sorbents]. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle - Izvestiya TulSU. Earth Sciences*, 2014, No. 4, pp. 37-42. [in Russian].

9. Araslanova L.Kh., Sal'manova E.R., Solov'eva E.A., Lar'kina A.A., Tuktarova I.O., Nazarov A.M. Issledovanie effektivnosti prirodnykh i modifitsirovannykh sorbentov dlya ochistki promyshlennykh stochnykh vod na osnove otkhodov obrabotki slyudistykh kvartsitov [Research of Effectiveness of Natural and Modified Sorbents for Wastewater Treatment Based on Mica Quartzite Treatment Waste]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyi internet-zhurnal - Nanotechnologies in Construction: a Scientific Internet-Journal*, 2019, Vol. 11, No. 1, pp. 106-116. EDN: VVMFMI. [in Russian].

10. Araslanova L.Kh., Latypova F.M., Khusnutdinov M.R. Modifitsirovannyye sorbenty iz prirodnogo syr'ya dlya ochistki stochnykh vod [Modified Sorbents from Natural Raw Materials for Sewage Treatment]. *Ural'skii ekologicheskii vestnik - Ural Ecological Bulletin*, 2014, No. 2, pp. 59-61. EDN: VPPGVV. [in Russian].

Информация об авторах

• Назаров Алексей Михайлович, доктор химических наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Профессор кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»
Россия, 450022, Уфа, ул. Акназарова, 24/1
e-mail: nazarovam1501@gmail.com

• Арасланова Ляйсан Хадисовна
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Старший преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»
Россия, 450022, Уфа, ул. Акназарова, 24/1
e-mail: Lyaysan-86@yandex.ru

Information about the authors

• Nazarov Alexey M., Doctor of Chemical Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources Department
24/1, Aknazarova str., Ufa, 450022, Russia
e-mail: nazarovam1501@gmail.com

• Araslanova Lyaysan Kh.
Ufa State Petroleum Technological University
Senior Lecturer of Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources Department
24/1, Aknazarova str., Ufa, 450022, Russia
e-mail: Lyaysan-86@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 16.04.2023; одобрена после рецензирования 26.04.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 16.04.2023; approved after reviewing 26.04.2023; accepted for publication 10.05.2023.