

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ С ПОВЫШЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ КАК ОБЪЕКТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

© 2023 А.В. Васильев, В.В. Ермаков, Д.Е. Щербаков

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 04.08.2023

В работе рассматриваются особенности и результаты проведения экспериментальных исследований определения основных зависимостей миграции и распределения радионуклидов при переработке нефтесодержащих отходов, включая проведение отбора образцов нефтешлама для постановки эксперимента; планирование и непосредственное проведение эксперимента. Для проведения эксперимента было отобрано пять проб нефтяного шлама из шламонакопителей на территории Самарской области. Измерения проводились в соответствии с разработанной авторами методикой выполнения измерений и руководством по применению программного обеспечения для ПК «SPTP». Предлагаемая методика позволяет устанавливать характер распределения природных радионуклидов нефтесодержащих отходов, определять коэффициенты миграции радионуклидов и их зависимость от характеристик нефтесодержащих отходов. По итогам эксперимента установлено, что при переработке нефтесодержащих отходов происходит концентрирование радионуклидов в более твердых продуктах переработки. Использование результатов экспериментальных исследований позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое и экологическое благополучие населения на урбанизированных территориях при воздействии нефтесодержащих отходов, принять своевременные и качественные меры по снижению негативного воздействия радионуклидов в нефтяных шламах как фактора экологического риска.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, радиоактивность, экспериментальные исследования, результаты.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-179-184

EDN: SVWQRA

Работа выполнена в рамках государственного задания учреждениям науки, номер 1021060107178-2-1.5.8.

1. ВВЕДЕНИЕ

Одними из самых опасных для здоровья человека и окружающей среды отходами являются нефтяные шламы [1-8, 13, 14]. Они могут образовываться на различных стадиях добычи и переработки нефти, как при штатном режиме работы (например, при очистке оборудования и резервуаров), так и при аварийных ситуациях (аварийные разливы нефтепродуктов).

Нефтешламы имеют сложный физико-химический состав, зависящий от процессов их образования, состава исходных смесей нефтепродуктов и различных внешних

факторов. Кроме этого, углеводороды, входящие в состав нефтешламов, подвержены изменениям с течением времени, вследствие чего их химический состав является непостоянным.

Известно, что отходы нефтедобычи, а также непосредственно сама сырая нефть могут иметь повышенный радиационный фон из-за содержания в них таких природных радионуклидов как ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs и др. [9-12, 15]. Исходя из этого, есть основания предполагать, что повышенный радиационный фон могут иметь и отходы нефтепереработки, в частности – нефтяные шламы шламонакопителей, образующиеся в ходе деятельности нефтеперерабатывающих заводов.

Необходимо проведение экспериментальных исследований определения основных зависимостей миграции и распределения радионуклидов при переработке нефтесодержащих отходов, включая проведение отбора образцов нефтешлама для постановки эксперимента; планирование и непосредственное проведение эксперимента.

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный эколог Самарской области, заведующий лабораторией инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: avassil62@mail.ru

Ермаков Василий Васильевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: wassiliy@rambler.ru

Щербаков Даниил Евгеньевич, младший научный сотрудник лаборатории инженерной экологии и экологического мониторинга. E-mail: daniil199931@gmail.com

**2. ОТБОР И ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ
АКТИВНОСТИ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
В НЕФТЯНЫХ ШЛАМАХ**

Для проведения эксперимента было отобрано пять проб нефтяного шлама из шламонакопителей на территории Самарской области. Примерный состав исследуемых образцов приведен в таблице 1.

Содержание механических примесей определялось гравиметрическим методом после проведения процесса экстракции нефтепродуктов. Масса твердого остатка определялась на лабораторных весах, после чего рассчитывалось его содержание в процентах относительно исходного образца.

Определение содержания минеральных веществ (зольности) проводилось после сжигания образцов. Масса золы определялась грави-

метрически на лабораторных весах, после чего рассчитывалось ее содержание в процентах относительно исходного образца.

Содержание воды определялось методом Дина-Старка. Метод заключается в нагреве пробы в колбе с обратным холодильником в присутствии не смешивающегося с водой растворителя, который перегоняется вместе с водой, находящейся в образце.

Для исключения влияния внешних факторов, непосредственно перед проведением эксперимента были измерены параметры окружающей среды. Результаты измерений представлены в таблице 2.

На основании результатов проведенных измерений был сделан вывод, что значения параметров окружающей среды находятся в пределах нормы, следовательно, влияние внешних факторов минимально.

Подготовка спектрометра к работе производилась в соответствии с Руководством по

Таблица 1 – Состав исследуемых образцов

№ образца	Показатель	Значение
1	Содержание нефтепродуктов, %	72,1
	Содержание механических примесей, %	12,7
	Содержание воды, %	11,1
	Содержание минеральных веществ, %	4,1
2	Содержание нефтепродуктов, %	73,4
	Содержание механических примесей, %	13,8
	Содержание воды, %	12,8
	Содержание минеральных веществ, %	6,2
3	Содержание нефтепродуктов, %	71,4
	Содержание механических примесей, %	15,2
	Содержание воды, %	13,4
	Содержание минеральных веществ, %	7,9
4	Содержание нефтепродуктов, %	73,7
	Содержание механических примесей, %	15,8
	Содержание воды, %	10,5
	Содержание минеральных веществ, %	10,6
5	Содержание нефтепродуктов, %	70,7
	Содержание механических примесей, %	16,2
	Содержание воды, %	13,1
	Содержание минеральных веществ, %	13,5

Таблица 2 – Измеренные значения параметров окружающей среды

Параметр	Значение	Средство измерений
Температура окружающего воздуха, °С	22,00	Прибор комбинированный Testo622
Атмосферное давление, кПа	101,20	
Относительная влажность воздуха, %	38,00	
Внешний фон гамма-излучения, мкЗв/ч	0,22	Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М
Напряжение питающей сети переменного тока, В	220,00	Мультиметр цифровой АКИП-2203/1
Частота питающей сети переменного тока, Гц	50,00	

эксплуатации и Руководством оператора программы «SPTR». После включения компьютера с подключенным к нему спектрометром и запуска программы SPTR, выполняется функция «Подготовка к работе», предусмотренная программой. Функция обеспечивает выполнение следующих операций:

- прогрев спектрометра и установление рабочего режима;
- контроль параметров спектрометра;
- корректировка усиления (в случае отклонения параметров от нормы) и стабилизация режима спектрометрического тракта;
- оперативный контроль фона.

Для выполнения функции «Подготовка к работе», в блок защиты спектрометра устанавливался держатель с контрольным источником. Контрольный источник представляет собой круглую пластинку, содержащую радионуклид ^{137}Cs активностью 9000 Бк/кг. Работа с контрольным источником не требует специальных мер радиационной защиты и контроля. После установки контрольного источника в блок защиты и запуска функции в программе, следует автоматическое установление рабочего режима спектрометра. После этого, также в автоматическом режиме, выполняется проверка параметров и, при необходимости, корректировка усиления и стабилизация режима.

В результате проверки параметров, в программе появилось сообщение «Все параметры в норме», что означает работоспособность спектрометра.

Далее производился контроль фоновых характеристик путем выбора соответствующей функции в программе. Появившееся сообщение «Фон в норме» свидетельствует о том, что фоно-

вые условия неизменны и результаты оперативного контроля являются положительными.

Непосредственно перед проведением измерений исследуемые образцы были тщательно перемешаны для обеспечения гомогенизации и равномерного распределения радионуклидов по всему объему. После этого от образцов отбирались навески массой 350 г. Для проведения измерений навески помещались в сосуды Маринелли объемом 500 мл. Далее сосуды Маринелли с навесками образцов поочередно устанавливались в блок защиты гамма- бета-спектрометра, после чего выполнялось измерение удельной активности природных радионуклидов и удельной эффективной активности $A_{эфф}$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗМЕРЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБРАЗЦАХ НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ

Измерения проводились в соответствии с разработанной авторами методикой выполнения измерений и руководством по применению программного обеспечения для ПК «SPTR». Для получения результатов с наименьшей погрешностью время набора для каждого образца устанавливалось равным 65000 секунд (18 часов), что является допустимым пределом при использовании программного обеспечения «SPTR».

По истечению времени набора спектра с помощью программного обеспечения «SPTR» выполнялась его радиометрическая обработка. Полученные численные значения удельной активности природных радионуклидов и удельной эффективной активности $A_{эфф}$ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Удельная активность радионуклидов в исходных образцах

№ образца	Радионуклид	Удельная активность,	Погрешность, %
		Бк/кг	
1	^{226}Ra	220,5	5,4
	^{232}Th	120,0	3,8
	^{40}K	86,0	12,4
	$A_{\text{эфф}}$	385,0	-
2	^{226}Ra	107,0	10,7
	^{232}Th	68,3	5,9
	^{40}K	165,4	12,9
	$A_{\text{эфф}}$	210,5	-
3	^{226}Ra	126,2	10,1
	^{232}Th	97,9	8,8
	^{40}K	155,0	10,9
	$A_{\text{эфф}}$	267,6	-
4	^{226}Ra	157,1	9,4
	^{232}Th	102,0	10,2
	^{40}K	156,9	11,0
	$A_{\text{эфф}}$	304,1	-
5	^{226}Ra	116,5	7,3
	^{232}Th	83,1	11,4
	^{40}K	160,2	6,4
	$A_{\text{эфф}}$	239,1	-

При сжигании образцов произошло увеличение удельной активности золы, что указывает на концентрирование в ней радионуклидов.

При экстракции нефтепродуктов из образцов произошло распределение удельной активности между твердой и жидкой фазой. При этом значения удельной активности твердого остатка во всех случаях превышали значения удельной активности исходных образцов, что указывает на концентрирование радионуклидов в твердой фазе.

При отгонке дизельной фракции из образцов, произошло увеличение удельной эффективной активности радионуклидов в полученной битумной фракции. При этом выявить содержание анализируемых радионуклидов в отогнанной дизельной фракции не удалось. Это означает, что все содержащиеся в исходном шламе радионуклиды остались в битумной фракции, следовательно, произошло их концентрирование.

Таким образом, по итогам эксперимента установлено, что при переработке нефтесодержащих отходов происходит концентрирование радионуклидов в более твердых продуктах переработки.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проведения эксперимента было отобрано пять проб нефтяного шлама из шламонакопителей на территории Самарской области. Содержание механических примесей в пробах определялось гравиметрическим методом после проведения процесса экстракции нефтепродуктов. Масса твердого остатка определялась на лабораторных весах, после чего рассчитывалось его содержание в процентах относительно исходного образца. Был сделан вывод, что значения параметров окружающей среды находятся в пределах нормы, следовательно, влияние внешних факторов минимально.

Измерения проводились в соответствии с разработанной авторами методикой выполнения измерений и руководством по применению программного обеспечения для ПК «SPTR». Предлагаемая методика позволяет устанавливать характер распределения природных радионуклидов нефтесодержащих отходов, определять коэффициенты миграции радионуклидов и их зависимость от характеристик нефтесодержащих отходов.

При отгонке дизельной фракции из образцов, произошло увеличение удельной эффективной активности радионуклидов в полученной битумной фракции. При этом выявить содержание анализируемых радионуклидов в отогнанной дизельной фракции не удалось. Это означает, что все содержащиеся в исходном шламе радионуклиды остались в битумной фракции, следовательно, произошло их концентрирование.

По итогам эксперимента установлено, что при переработке нефтесодержащих отходов происходит концентрирование радионуклидов в более твердых продуктах переработки.

Использование результатов экспериментальных исследований позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое и экологическое благополучие населения на урбанизированных территориях при воздействии нефтесодержащих отходов, принять своевременные и качественные меры по снижению негативного воздействия радионуклидов в нефтяных шламах как фактора экологического риска.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания учреждениям науки, номер 1021060107178-2-1.5.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, А.В. Особенности мониторинга негативного воздействия нефтесодержащих отходов на биосферу / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 113-120.
2. Васильев, А.В. Подходы к определению токсичности нефтесодержащих отходов с использованием биоиндикации и биотестирования / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2022. – Т. 24. – № 5. – С. 36-43.
3. Васильев, А.В. Анализ источников загрязнения биосферы нефтепродуктами и особенности оценки их экологического воздействия / А.В. Васильев // Научный журнал «Академический вестник ЭЛПИТ». – 2022. – Т. 7. – № 2(20). – С. 15-20.
4. Васильев, А.В. Подходы к разработке методик оценки негативного воздействия нефтесодержащих отходов на человека и биосферу / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2022. – Т. 24. – № 6. – С. 165-172.
5. Васильев, А.В. Анализ и оценка загрязнения биосферы при воздействии нефтесодержащих отходов: Монография / А.В. Васильев. – Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2022. – 106 с.
6. Васильев, А.В. Анализ особенностей и практические результаты экологического мониторинга загрязнения почвы нефтесодержащими отходами / А.В. Васильев, Д.Е. Быков, А.А. Пименов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – № 1(6). – С. 1705-1708.
7. Ермаков, В.В. Определение класса опасности нефтешламов / В.В. Ермаков, А.Н. Сухонослова, Д.Е. Быков, Д.А. Пирожков // Экология и промышленность России. – 2008. – № 7. – С. 14-16.
8. Карташев, А.Г. Влияние нефтезагрязнений на почвенных беспозвоночных животных / А.Г. Карташев, Т.В. Смолина. – Томск: В-Спектр, 2011. – 146 с.
9. Омелянюк, М.В. Очистка нефтепромыслового оборудования от отложений солей с природными радионуклидами / М.В. Омелянюк // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 2. – С. 23-29.
10. Пучков, А.В. Радиоактивность нефтешлама: первые результаты исследований территории болотоземельской тундры / А.В. Пучков, Е.Ю. Яковлев, А.С. Дружинина, С.В. Дружинин // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 10. – С. 75-80.
11. Фердман, В.М. Проблема обращения с радиоактивными отходами на предприятиях нефтедобычи / В.М. Фердман, Н.С. Минигазимов // Уральский экологический вестник. – 2014. – № 2. – С. 15-19.
12. Bakr W.F. Assessment of the radiological impact of oil refining industry // Journal of Environmental Radioactivity. – 2010. – № 101. – С. 237-243.
13. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.
14. Vasilyev A.V. Classification and reduction of negative impact of waste of oil-gas industry. Proc. of World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies Le Vie Dei Mercanti. XIV Forum Internazionale di Studi. 2016. Pp. 101-107.
15. Vasilyev A.V. Experience, Results and Problems of Ecological Monitoring of Oil Containing Waste. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference «Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development» (WASTE'2018), October, 4-6, 2018, Saint-Petersburg; edition of Saint-Petersburg State Electrical Technical University "LETI", 2018, pp. 82-85.

**RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF OIL CONTAINING WASTE
WITH INCREASED RADIOACTIVITY AS AN OBJECT OF ECOLOGICAL RISK**

© 2023 A.V. Vasilyev, V.V. Ermakov, D.E. Shcherbakov

Samara Federal Research Center of Russian Academy of Science,
Institute of Ecology of Volga Basing RAS, Togliatti, Russia

In this paper peculiarities and results of carrying out of experimental research of determination of the main dependencies of migration and distribution of radioactive nuclides during the treatment of oil-containing waste are considered, including selection of samples of oil sludges to set up an experiment, planning and direct execution of the experiment. For the execution of the experiment five samples of oil sludges from sludge accumulators on the territory of Samara region were taken. Measurements were carried out according to the method developed by the authors and software application guide for PC «SPTR». Suggested method is allowing us to establish the nature of the distribution of natural radioactive nuclides of oil-containing waste, to determine the coefficients of migration of radioactive nuclides and its dependence from the characteristic of oil-containing waste. Using of results of experimental researches is allowing us to take timely and qualitative measures to reduce radioactive nuclides negative impact in oil-containing sludges as a factor of ecological risk.
Key words: oil containing waste, radioactivity, experimental research, results.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-179-184

EDN: SVWQRA

REFERENCES

1. Vasil'ev, A.V. Osobennosti monitoringa negativnogo vozdeystviya neftesoderzhashchih othodov na biosferu / A.V. Vasil'ev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2022. – T. 24. – № 2. – S. 113-120.
2. Vasil'ev, A.V. Podhody k opredeleniyu toksichnosti neftesoderzhashchih othodov s ispol'zovaniem bioindikatsii i biotestirovaniya / A.V. Vasil'ev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2022. – T. 24. – № 5. – S. 36-43.
3. Vasil'ev, A.V. Analiz istochnikov zagryazneniya biosfery nefteproduktami i osobennosti ocenki ih ekologicheskogo vozdeystviya / A.V. Vasil'ev // Nauchnyj zhurnal "Akademicheskij vestnik ELPIIT". – 2022. – T. 7. – № 2(20). – S. 15-20.
4. Vasil'ev, A.V. Podhody k razrabotke metodik ocenki negativnogo vozdeystviya neftesoderzhashchih othodov na cheloveka i biosferu / A.V. Vasil'ev // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2022. – T. 24. – № 6. – S. 165-172.
5. Vasil'ev, A.V. Analiz i ocenka zagryazneniya biosfery pri vozdeystvii neftesoderzhashchih othodov: Monografiya / A.V. Vasil'ev. – Samara: Izdatel'stvo SamNC RAN, 2022. – 106 s.
6. Vasil'ev, A.V. Analiz osobennostej i prakticheskie rezul'taty ekologicheskogo monitoringa zagryazneniya pochvy neftesoderzhashchimi othodami / A.V. Vasil'ev, D.E. Bykov, A.A. Pimenov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2014. – T. 16. – № 1(6). – S. 1705-1708.
7. Ermakov, V.V. Opredelenie klassa opasnosti nefteslamov / V.V. Ermakov, A.N. Suhonosova, D.E. Bykov, D.A. Pirozhkov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2008. – № 7. – S. 14-16.
8. Kartashev, A.G. Vliyanie neftezagryaznenij na pochvennyh bespozvonochnyh zhivotnyh / A.G. Kartashev, T.V. Smolina. – Tomsk: V-Spektr, 2011. – 146 s.
9. Omel'yanyuk, M.V. Ochistka neftepromyslovogo oborudovaniya ot otlozhenij solej s prirodnyimi radionuklidami / M.V. Omel'yanyuk // Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse. – 2008. – № 2. – S. 23-29.
10. Puchkov A.V. Radioaktivnost' nefteshlama: pervye rezul'taty issledovaniy territorii bol'shezemel'skoj tundry / A.V. Puchkov, E.YU. Yakovlev, A.S. Druzhinina, S.V. Druzhinin // Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya. – 2022. – № 10. – S. 75-80.
11. Ferdman, V.M. Problema obrashcheniya radioaktivnyimi othodami na predpriyatiyah nefte dobychi / V.M. Ferdman, N.S. Minigazimov // Ural'skij ekologicheskij vestnik. – 2014. – № 2. – S. 15-19.
12. Bakr W.F. Assessment of the radiological impact of oil refining industry // Journal of Environmental Radioactivity. – 2010. – № 101. – S. 237-243.
13. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories // Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. Pp. 43-46.
14. Vasilyev A.V. Classification and reduction of negative impact of waste of oil-gas industry. Proc. of World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies Le Vie Dei Mercanti. XIV Forum Internazionale di Studi. 2016. Pp. 101-107.
15. Vasilyev A.V. Experience, Results and Problems of Ecological Monitoring of Oil Containing Waste. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference "Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development" (WASTE'2018), October, 4-6, 2018, Saint-Petersburg; edition of Saint-Petersburg State Electrical Technical University "LETI", 2018, pp. 82-85.

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Honorary Ecologist of Samara Region of Russia, Head of the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Laboratory. E-mail: avassil62@mail.ru
Vasily Ermakov, Candidate of Technical Science, Senior Researcher of the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Laboratory. E-mail: wassily@rambler.ru
Daniil Shcherbakov, Junior Researcher of the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Laboratory. E-mail: daniil199931@gmail.com

Известия Самарского научного центра Российской академии наук

Учредитель: федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре, свидетельство ПИ № ФС77-61347 от 07.04.2015

Главный редактор: академик РАН Ф.В. Гречников

Том 25, номер 4 (114), 22.08.2023

Индекс: 36622. Распространяется бесплатно

Адрес учредителя и редакции – 443001, Самарская область,

г. Самара, Студенческий пер., 3а. Тел. 8 (846) 340-06-20

Издание не маркируется

Сдано в набор 02.08.2023 г.

Подписано к печати 22.08.2023 г.

Формат бумаги А4

Офсетная печать

Усл. печ. л. 21,390

Тираж 200 экз.

Зак. 40