

СТАТЬИ

УДК 504.054

**РАДИОАКТИВНОСТЬ НЕФТЕШЛАМА:  
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ**

**Пучков А.В., Яковлев Е.Ю., Дружинина А.С., Дружинин С.В.**

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова Российской академии наук, Архангельск, e-mail: andrey.puchkov@fciarctic.ru*

Авторами проведены исследования отдельных проб нефтешлама, отобранных на территории Большеземельской тундры (Ненецкий автономный округ и Республика Коми). Точки отбора проб нефтешлама определялись по результатам предварительной гамма-съемки местности, на которой отмечалось наличие нефтяных загрязнений. Пробы отбирались в случае превышения уровня гамма-излучения над фоном. Гамма-съемка территории была проведена в восьми точках по маршруту в.п. Харьягинский (Ненецкий автономный округ) – г. Усинск (Республика Коми). Всего отобрано три пробы нефтешлама с превышением уровня гамма-излучения. Исследования проводились вне охранных зон нефтепроводов и не нарушали нормы и правила в области обеспечения безопасности. В исследовании применялись методы полевой радиометрии и дозиметрии, а также полупроводниковой гамма-спектрометрии в лабораторных условиях. В пробах исследовалось наличие радионуклидов Ra-226, Ra-228, Th-232, K-40, Pb-210 и их удельные активности. По результатам исследований выявлены факты превышения уровня гамма-излучения над фоновыми показателями в местах законсервированных скважин со свободным доступом и без предупреждающих знаков. Отдельные значения мощности гамма-излучения превышали 5,30 мкЗв/ч вплотную от точки загрязнения нефтешламом. Удельная активность Ra-226 в отобранных пробах составила от 145 до 6900 Бк/кг, Ra-228 от 80 до 1030 Бк/кг, Th-232 от 85 до 1340 Бк/кг, K-40 от 320 до 500 Бк/кг, Pb-210 от 60 до 1090 Бк/кг. В соответствии с требованиями законодательства РФ в области радиационной безопасности отобранные пробы на текущем уровне проведенных измерений не являются радиоактивными отходами.

**Ключевые слова:** нефтешлам, радиоактивность, радиоактивные отходы, радий-226, торий-232

**RADIOACTIVITY OF OIL SLUDGE: FIRST RESULTS  
OF STUDIES OF BOLSHEAZEMELSKAYA TUNDRA**

**Puchkov A.V., Yakovlev E.Yu., Druzhinina A.S., Druzhinin S.V.**

*Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS, Archangelsk,  
e-mail: andrey.puchkov@fciarctic.ru*

The authors carried out studies of several samples of oil sludge taken on the territory of the Bolshezemelskaya tundra (Nenets Autonomous Okrug and the Komi Republic). Oil sludge sampling points were determined based on the results of a preliminary gamma-ray survey of the area where the presence of oil pollution was noted. Samples were taken when the level of gamma radiation exceeded the background. Gamma-ray survey of the territory was carried out at 8 points along the route Kharyaginsky village (Nenets Autonomous Okrug) - Usinsk city (Komi Republic). A total of 3 samples of oil sludge were taken with an excess of gamma radiation. The studies were carried out outside the security zones of oil pipelines and did not violate the norms and rules in the field of safety. The study used methods of field radiometry and dosimetry, as well as semiconductor gamma spectrometry in the laboratory. The presence of radionuclides Ra-226, Ra-228, Th-232, K-40, Pb-210 and their specific activities were studied in the samples. According to the results of the research, the facts of the excess of the level of gamma radiation over the background values were revealed in the places of mothballed wells with free access and without warning signs. Individual values of gamma radiation power exceeded 5.30  $\mu$ Sv/h close to the point of contamination with oil sludge. The specific activity of Ra-226 in the selected samples ranged from 145 to 6900 Bq/kg, Ra-228 from 80 to 1030 Bq/kg, Th-232 from 85 to 1340 Bq/kg, K-40 from 320 to 500 Bq/kg, Pb-210 from 60 to 1090 Bq/kg. In accordance with the requirements of the legislation of the Russian Federation in the field of radiation safety, the samples taken at the current level of measurements performed are not radioactive waste.

**Keywords:** oil sludge, radioactivity, radioactive waste, radium-226, thorium-232

Арктика является уникальной территорией в России и на Земле в целом, имеющей огромный природный, ресурсный и культурный потенциал. При этом данные территории характеризуются крайней уязвимостью природной среды, сложностью ее восстановления, труднодоступностью и суровыми климатическими условиями [1, 2]. Но, несмотря на это, арктические регионы подвергаются влиянию хозяйственной де-

ятельности человека по освоению ресурсного потенциала, и особенно здесь выделяется нефтегазодобывающая отрасль. Среди таких регионов выделяются пока еще малонарушенные тундровые территории, ярким представителем которых является Большеземельская тундра Ненецкого автономного округа и Республики Коми [3].

Большеземельская тундра ограничивается реками Печора и Уса с запада и юга,

а также Полярным Уралом и хребтом Пай-Хой с востока [3]. Особенностью данной территории является большое количество нефтегазовых месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Расширение деятельности по разведке, добыче и обращению с нефтегазовыми ресурсами Большеземельской тундры может приводить к загрязнению объектов окружающей среды углеводородами, тяжелыми металлами. При этом в последнее время к традиционным, давно известным проблемам обеспечения безопасности в нефтегазодобывающей промышленности добавилась еще одна – обеспечение радиационной безопасности [4]. Связано это с тем, что залежи нефти и газа содержат высокие концентрации радионуклидов уранового и ториевого рядов, а также калий-40 [5]. Обогащение углеводородов радионуклидами, как правило, связано с тем, что нефти часто сопровождаются глинистыми сланцами с высоким естественным содержанием урана. Песчано-глинистые коллекторы содержат циркулирующие рассолы, в которых постепенно растворяется  $^{226}\text{Ra}$  и его дочерние продукты и вместе с нефтью и газом поступают на поверхность [5]. Второй путь обогащения углеводородов радионуклидами связан с диффузией  $^{222}\text{Rn}$  из глубинных пород в нефтяные пласты.  $^{222}\text{Rn}$ , и продукты его распада, такие как  $^{210}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Pb}$ , также являются главными радиоактивными загрязнителями нефти и газа. Наибольшее количество радионуклидов поступает на поверхность в составе минерализованных попутных вод, составляющих самый большой объем отходов в процессе добычи нефти и газа [6].

Таким образом, проблемы обеспечения радиационной безопасности в нефтегазовом комплексе страны и мира имеют место быть и определяют необходимость разработки соответствующих мероприятий по минимизации воздействия радиоактивности на окружающую среду и персонал. В связи с этим в последние годы международным научным сообществом уделяется большое внимание, как с научно-технической, так и с нормативно-правовой позиции, проблеме образования радиоактивных отходов естественного происхождения при добыче и переработке углеводородов [7, 8]. В России решению данной проблемы до сих пор не уделяется должного внимания [9]. Наличие таких отходов, а также общие подходы к их обращению частично

зафиксированы и регламентированы в российском законодательстве и федеральных нормах и правилах, не дающих четкого и ясного регламента обращения с радиоактивными отходами нефтегазовой отрасли, содержащими радионуклиды естественного происхождения. В связи с этим крайне актуальным в настоящее время для Российской Федерации является вопрос создания нормативного обеспечения по организации обращения с радиоактивными отходами при нефтегазодобыче [9].

Целью исследования является оценка общего уровня радиоактивности по результатам проведения гамма-съемки в местах нефтяных загрязнений и присутствия нефтешламов на территориях Ненецкого автономного округа и Республики Коми, выявление радиационных аномалий (превышение уровня гамма-излучения над фоновыми значениями), а также определение качественного и количественного радионуклидного состава загрязненных территорий в условиях наличия радиационной аномалии.

#### Материалы и методы исследования

В рамках данной работы авторами были проведены экспедиционные работы на территориях Ненецкого автономного округа и Республики Коми на участке с. Хорей-Вер – п. Харьягинский – г. Усинск. По всей длине участка в местах наличия нефтяных загрязнений и присутствия нефтешламов проведена гамма-съемка с оценкой уровня гамма-излучения. В случае превышения уровня гамма-излучения над фоновыми значениями (за фоновое значение в данной работе принято  $0,15 \text{ мкЗв/ч}$ , превышением считалось значение уровня гамма-излучения от  $0,16 \text{ мкЗв/ч}$  и выше) в данных точках производился отбор проб для дальнейшего качественного и количественного анализа радионуклидного состава. Всего выявлено восемь участков с наличием нефтяных загрязнений и нефтешламов. На данных участках проведена гамма-съемка, по результатам которой отобрано три пробы нефтешлама и загрязненного грунта с превышением по уровню гамма-излучения. Экспедиционные работы были проведены вне охранных зон нефтепроводов и не нарушали нормы и правила в области обеспечения безопасности.

Гамма-съемка местности проводилась с применением сцинтилляционного геолого-разведочного прибора СРП-88 и дозиметра ДРГ-01Т.

Подготовка отобранных проб нефтешлама и загрязненного грунта осуществлялась путем высушивания при температуре 105 °С.

Определение качественного и количественного радионуклидного состава (радионуклиды Ra-226, Ra-228, Th-232, K-40, Pb-210) проводилось с применением полупроводникового гамма-спектрометрического комплекса ORTEC с детектором GEM 10 в низкофоновом исполнении с азотным охлаждением.

### Результаты исследования и их обсуждение

Картограмма проведения гамма-съемки приведена на рис. 1. В результате оценки уровня дозы гамма-излучения в восьми точках присутствия нефтешлама или загрязненного нефтепродуктами грунта выявлено два участка с повышенными значениями измеряемого параметра.

В т. 5 обнаружено наличие нефтешлама на поверхности земли вокруг законсервированной скважины с уровнем мощности дозы гамма-излучения от 0,12 до 5,30 мкЗв/ч вплотную от места загрязнения. На данном участке выполнена локальная гамма-съемка местности с применением сцинтилляционного геолого-разведочного прибора СРП-88 с целью оценки пространственного распространения радиоактивного загрязнения. Результаты съемки приведены на рис. 2. Уровень гамма-излучения находится в основном в пределах от 18 до 40 имп./(с\*10). Основной участок загрязнения находится в непосредственной близости к законсервированной скважине. Максимальный уровень гамма-излучения наблюдается вплотную от нижней части скважины и составляет 2656 имп./(с\*10) (5,30 мкЗв/ч). Распространение загрязнения за пределы участка по результатам гамма-съемки отсутствует.

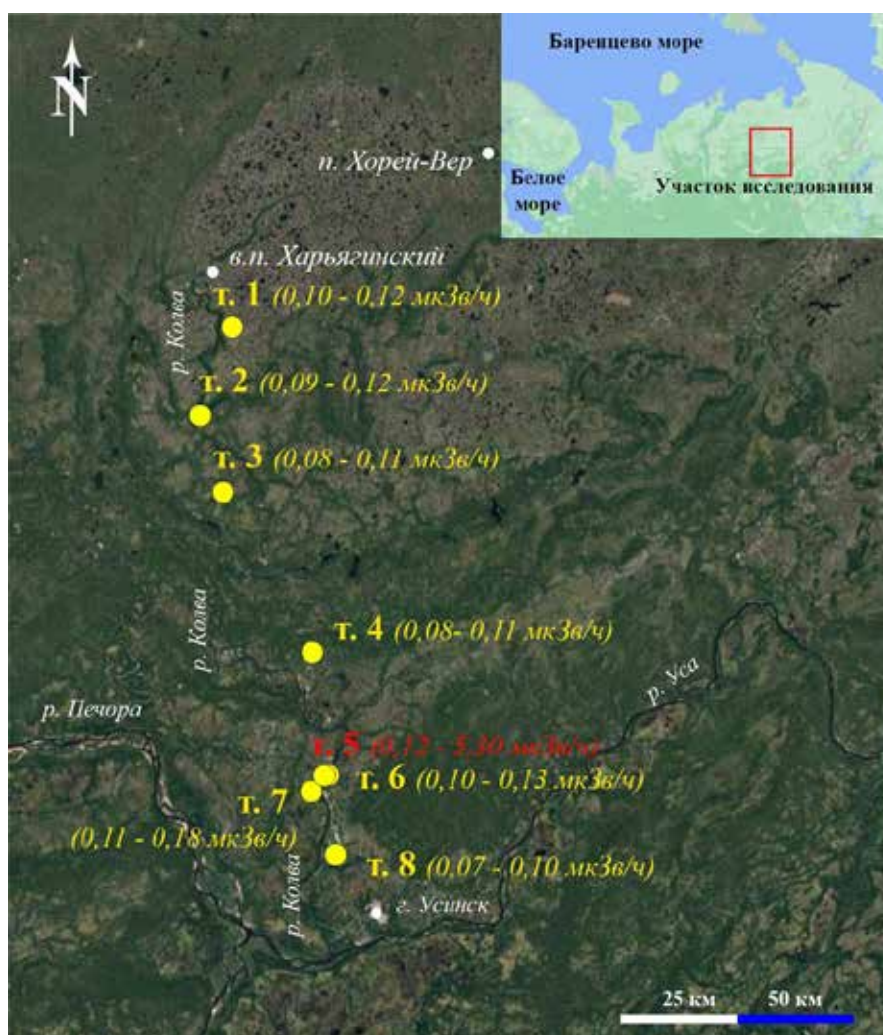


Рис. 1. Картограмма проведения гамма-съемки по маршруту в.п. Харьягинский – г. Усинск



Рис. 2. Картограмма участка в т. 5 (рис. 1) и точки отбора нефтешлама и загрязненного грунта

Необходимо отметить, что территория, на которой располагается законсервированная скважина, огорожена песчаными отвалами со свободным въездом/выездом непосредственно у дороги (рис. 2).

Предупреждающие знаки об опасности отсутствуют на исследованном участке. Дорога, которая располагается в непосредственной близости к скважине используется в том числе местным населением для проезда к месту рыболовства и отдыха на реке Колва. В рамках данной научной статьи на указанном участке проанализировано две пробы: загрязненный грунт и непосредственно нефтешлам, отобранные вокруг скважины. Нефтешлам на участке был представлен отдельными углеводородными включениями черного цвета размером до нескольких сантиметров, покрытых песком (рис. 3). Результаты измерений отобранных проб приведены в таблице.

Еще одним участком с повышенным уровнем гамма-излучения является точка 7 (рис. 1), в которой мощность дозы гамма-излучения варьировалась от 0,11 до 0,18 мкЗв/ч, незначительно превышая фоновые значения. Максимальное значение мощности дозы зафиксировано вплотную от законсервированной скважины. На данном участке отобрана одна проба загрязненного грунта нефтепродук-

тами. Результаты измерений представлены в таблице.

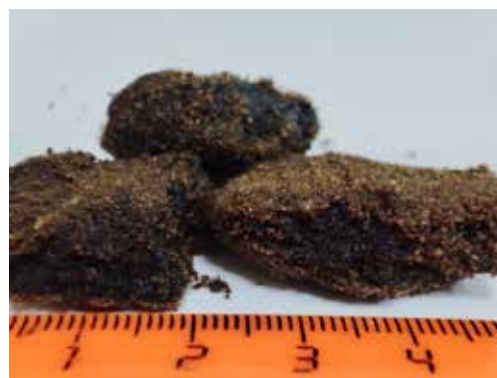


Рис. 3. Отобранные пробы нефтешлама

Результаты измерений отобранных проб (таблица) показали типичный радионуклидный состав для отходов нефтяной промышленности [4]. Основная активность обусловлена радионуклидами радия, тория, калия, поступающими вместе с попутными минерализованными водами и осаждающимися на поверхностях технологического оборудования в виде солей радия и бария [5]. В дальнейшем планируется определить элементный состав отобранных проб, а также содержание нефтепродуктов, для более детального описания изученных технологических сред.

Результаты измерений радиационных параметров  
 нефтешлама и загрязненного грунта

№ п/п	Точка отбора и тип пробы (согласно рис. 1)	Радиационные параметры пробы, Бк/кг				
		Ra-226*	Ra-228	Th-232	K-40	Pb-210
1	Точка 5, загрязненный грунт	6400±830	1000±120	1190±130	500±150	910±140
2	Точка 5, нефтешлам	6900±890	1030±110	1340±150	410±120	1090±150
3	Точка 7, загрязненный грунт	145±30	80±16	85±19	320±64	60±19

Примечание: \*значения удельной активности Ra-226 и Th-232 приведены по результатам экспрессного измерения без герметизации счетных образцов. На текущий момент проводятся эксперименты по оценке коэффициента накопления радона-222 и определения достоверного значения удельной активности Ra-226.

Согласно пункту 4 документа [10] «твердые отходы, образующиеся при осуществлении не связанных с использованием атомной энергии видов деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов, относятся к радиоактивным отходам в случае, если выполняется следующее условие:

$$A_{Ra} + 1,3 \cdot A_{Th} + 0,09 \cdot A_K > 10 \text{ Бк/г},$$

где  $A_{Ra}$  – удельная активность радия-226, находящегося в равновесии с радионуклидами уранового ряда, Бк/г;  $A_{Th}$  – удельная активность тория-232, находящегося в равновесии с радионуклидами ториевого ряда, Бк/г;  $A_K$  – удельная активность калия-40, Бк/г».

Если применить вышеуказанное требование к оценке соответствия отобранных проб критериям отнесения к радиоактивным отходам, то они не будут ими являться (сумма удельных активностей радионуклидов согласно законодательному условию ниже 10 Бк/г). Но необходимо отметить, что в рамках данной научной статьи удельная активность Ra-226 определена экспрессным методом без герметизации счетных образцов и приведения к равновесному состоянию с продуктами распада. На текущий момент проводятся эксперименты по оценке коэффициента накопления радона-222 и определения достоверного значения удельной активности Ra-226. В результате данных экспериментов удельная активность Ra-226 может существенно возрасти, что может привести к ситуации, когда отобранные пробы будут отнесены к радиоактивным отходам.

#### Закключение

Результаты исследований на участке в.п. Харьягинский (Ненецкий автономный округ) – г. Усинск (Республика Коми) пока-

зали наличие локальных участков, загрязненных нефтешламом и нефтепродуктами. Отдельные участки характеризуются повышенным уровнем мощности дозы гамма-излучения в пределах от 0,12 до 5,30 мкЗв/ч. Радионуклидный анализ данных участков показал повышенный уровень удельной активности радионуклидов Ra-226, Ra-228, Th-232, K-40, Pb-210. В соответствии с законодательством Российской Федерации в области радиационной безопасности данные пробы на текущем уровне проведенных измерений не являются радиоактивными отходами. Исследования проведены вне охранных зон нефтепроводов во избежание нарушений требований безопасности.

В условиях крайней ограниченности потенциально возможных мест проведения исследований в силу отсутствия разрешения на проведение работ в охранных зонах и на территориях месторождений, а также фактов выявления загрязненных нефтешламом и нефтепродуктами участков, в том числе с повышенным уровнем активности естественных радионуклидов, необходимость проведения комплексного изучения объектов окружающей среды на радиационный фактор не вызывает сомнений. Актуальности данным исследованиям добавляет тот факт, что месторождения и инфраструктура предприятий нефтегазовой отрасли располагаются в бассейне реки Колва, которая является основным источником рыбных ресурсов для местного населения и которая впадает в р. Уса и Печора, являющиеся главными водными артериями Республики Коми и Ненецкого автономного округа.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-27-20079 «Радионуклиды в экосистемах тундры: источники, уровни загрязнения, антропогенные механизмы трансформации (на примере Ненецкого автономного округа)».*

**Список литературы**

1. Menshakova Marija, Miłosz Huber, Ramziya Gainanova, Valeriia Surovets, Nina Moiseeva, Anastasiia Nizikova, and Marina Mashinets. Content of Heavy Metals in the Lichens of Winter Reindeer Pastures of the Timan and Bolshezemelskaya Tundras. *Agriculture*. 2022. No. 12 (10). P. 122–144.
2. Пучков А.В., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В. Естественные и искусственные радионуклиды в снеговом покрове условно чистой территории Ненецкого автономного округа // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 4. С. 140–145
3. Осадчая Г.Г., Зенгина Т.Ю. Возможности сбалансированного использования криосферного и ресурсного потенциала Большеземельской тундры // *Криосфера Земли*. 2012. № 2. Т. 16. С. 43–51.
4. Лебедев В.А., Карабута В.С. Проблемы обеспечения радиационной безопасности в нефтедобывающей промышленности России // *Молодой ученый*. 2016. № 1 (105). С. 257–261.
5. Нозик М.Л. Научно-методические основы обеспечения радиоэкологической безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса: спец. 25.00.36 «Геоэкология»: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Москва, 2010. 165 с.
6. Stephenson M.T. *A Survey of Produced Water Studies*. Springer, Boston, 1992. P. 12. DOI: 10.1007/978-1-4615-2902-6\_1.
7. Khalid Al Nabhani, Faisal Khan, Ming Yang. Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials in oil and gas production: A silent killer. *Process Safety and Environmental Protection*. 2016. Vol. 99. P. 237–247.
8. Natural Radioactivity in Produced Water from the Norwegian Oil and Gas Industry in 2003: сайт / Norwegian Radiation Protection Authority, 2004. P. 54. URL: <https://www2.dsa.no/publication/straalevernrapport-2005-2-natural-radioactivity-in-produced-water-from-the-norwegian-oil-and-gas-industry-in-2003.pdf> (дата обращения: 01.10.2022).
9. Кошкина В.В., Ярош В.И. О морских перевозках радиоактивных отходов, образующихся при нефтегазодобыче на шельфе // *Сборник научных трудов АО «ЦНИИМФ»*. СПб., 2016. С. 63–75.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов». URL: <https://base.garant.ru/70247038/> (дата обращения: 30.09.2022).