



## РАДИАЦИОННАЯ ОЦЕНКА БУРОВЫХ ШЛАМОВ ПРИ ИХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ

А. Е. Зимнухова, аспирантка  
e-mail: [nastya\\_plotnikova@bk.ru](mailto:nastya_plotnikova@bk.ru)  
Тюменский индустриальный университет

В статье представлены данные радиационной оценки буровых шламов и продуктов их термического обезвреживания при температурных режимах: 800, 900 и 1000 °С. Проведены спектрометрические исследования удельной активности природных радионуклидов: калия-40, тория-232 и радия-226, а также удельной эффективной активности естественных радионуклидов (ЕРН). Установлено, что значения удельной эффективной активности ЕРН в исследуемых образцах не превышали 370 Бк/кг, что позволило отнести их к первому классу строительных материалов и сделать вывод о возможности использования буровых шламов в качестве вторичных материальных ресурсов при производстве инертных материалов.

**Ключевые слова:** буровой шлам, инертный материал, буровые отходы, естественные радионуклиды, радиационная безопасность, высокотемпературный обжиг.

### ВВЕДЕНИЕ

Предприятия нефтедобывающей отрасли относятся к потенциальным источникам негативного влияния на все геосферные оболочки Земли. К проблемам обеспечения экологической безопасности в нефтяной промышленности относится проблема обеспечения радиационной безопасности [1].

В процессе нефтедобычи образуется большое количество буровых отходов, до 75 % из которых приходится на буровые шламы [2]. Данный отход преимущественно размещается и накапливается в шламовых амбарах, являющихся источником постоянного негативного воздействия на компоненты окружающей среды.

Актуальным на сегодняшний день является направление обезвреживания буровых шламов с их последующим использованием в качестве вторичных материальных ресурсов. В частности, предлагается метод высокотемпературного обезвреживания с получением инертного материала. Было установлено, что под воздействием высоких температур меняются химический и минералогический составы бурового шлама, продукт обезвреживания не оказывает токсического воздействия на окружающую среду [3].

Помимо токсичных веществ буровых растворов и остатков нефтепродуктов, буровые шламы могут содержать высокие концентрации природных радионуклидов, что повышает их опасность [4].

Согласно ГОСТ 30108-94 все строительные материалы должны подвергаться контролю удельной эффективной активности естественных радионуклидов (ЕРН). От этого показателя зависит класс строительных материалов и область их применения [5].

Удельная эффективная активность ЕРН зависит от удельной активности природных радионуклидов: калия К-40, тория Th-232, радия Ra-226, содержащихся в земной коре и выносимых на поверхность в процессе бурения [6].

Таким образом, актуальным вопросом является оценка радиационной опасности буровых шламов, образующихся при бурении нефтяных скважин, а также продуктов их тер-

мического обезвреживания с последующей возможностью применения в качестве геоэкологически безопасного инертного материала для обустройства месторождений.

### **ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования были буровые шламы Южно-Островного (*БШЮО*), Средне-Назымского (*БШСН*) и Средне-Балыкского (*БШСБ*) нефтяных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и продукты их термического обезвреживания.

Буровой шлам представляет собой выбуренную породу, смешанную с буровым раствором, и выглядит как серая пастообразная, маслянистая масса, имеющая запах нефтепродуктов.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Целью исследования является оценка радиационной опасности буровых шламов до и после высокотемпературного обезвреживания и возможности их использования в качестве строительных материалов.

В соответствии с поставленной целью определены основные задачи:

– Оценить удельную активность природных радионуклидов: калия  $^{40}\text{K}$ , тория  $^{232}\text{Th}$ , радия  $^{226}\text{Ra}$  и эффективную активность естественных радионуклидов (ЕРН) в исходных образцах буровых шламов.

– Оценить удельную активность природных радионуклидов: калия  $^{40}\text{K}$ , тория  $^{232}\text{Th}$ , радия  $^{226}\text{Ra}$  и эффективную активность естественных радионуклидов (ЕРН) образцах буровых шламов, подверженных высокотемпературному обжигу.

– Определить влияние термического обжига на радиационную безопасность строительных материалов, полученных при обезвреживании буровых шламов.

Научная новизна заключается в том, что впервые исследовано влияние температурного режима обезвреживания буровых шламов на величину удельной эффективной активности ЕРН: калия К-40, тория Th-232, радия Ra-226.

### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Буровые шламы были отобраны с трех нефтяных месторождений Западной Сибири. Для проведения исследования буровые шламы были высушены и сформованы в цилиндры диаметром 30 мм и высотой 30 мм (рисунок 1), давление формования составляло 6 МПа. Для формования был использован пресс ИЛ-100.



Рисунок 1 – Образцы бурового шлама после формования

Далее происходила сушка образцов до постоянной массы при температуре  $105 \pm 5$  °С, после чего они были подвержены обжигу при температурах: 800, 900 и 1000 °С.

Исследования удельной активности ЕРН осуществлялись с применением прибора – гамма-спектрометра NaI спектрометрического комплекса «Прогресс». Удельная эффективная активность ЕРН определена в соответствии с ГОСТ 30108-94 как сумма удельных активно-

стей калия, тория и радия с учетом их биологического воздействия на организм человека. По значению удельной эффективной активности ЕРН были присвоены классы по радиационной безопасности материала. При удельной эффективной активности ЕРН менее 370 Бк/кг строительные материалы относятся к первому классу и считаются безопасными, могут быть использованы в строительстве без каких-либо ограничений.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее высокие значения удельной активности природных радионуклидов были зафиксированы как для исходного, так и для обожженных образцов *БШ<sub>СБ</sub>*. Активность калия  $^{40}\text{K}$  принимала значения от 912,00 до 1475,00 Бк/кг, тория  $^{232}\text{Th}$  – от 16,60 до 53,10 Бк/кг, радия  $^{226}\text{Ra}$  – от 0,00 до 65,10 Бк/кг.

В пробах *БШ<sub>ЮО</sub>* значения активности калия  $^{40}\text{K}$  варьировали от 292,00 до 740,00 Бк/кг, тория  $^{232}\text{Th}$  – от 15,70 до 19,20 Бк/кг, радия  $^{226}\text{Ra}$  – от 0,00 до 6,10 Бк/кг.

В образцах *БШ<sub>СН</sub>* удельная активность калия  $^{40}\text{K}$  составляла 175,00–495,00 Бк/кг, тория  $^{232}\text{Th}$  – 19,73 – 25,30 Бк/кг, радия  $^{226}\text{Ra}$  – 12,72 – 22,70 Бк/кг.

Данные по удельной активности природных радионуклидов представлены в таблице.

Таблица – Удельная активность природных радионуклидов:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$

Температура обжига, °С	Активность $^{40}\text{K}$ , Бк/кг	Активность $^{232}\text{Th}$ , Бк/кг	Активность $^{226}\text{Ra}$ , Бк/кг
<i>БШ<sub>ЮО</sub></i>			
Исходный	655,00 ± 333,00	19,10 ± 27,80	4,00 ± 22,40
800	740,00 ± 474,00	34,50 ± 44,50	0,00 ± 34,70
900	292,00 ± 349,00	19,20 ± 36,30	0,00 ± 28,90
1000	560,00 ± 208,00	15,70 ± 15,10	6,10 ± 12,60
<i>БШ<sub>СН</sub></i>			
Исходный	495,00 ± 176,00	21,00 ± 13,10	15,10 ± 11,40
800	274,00 ± 106,00	19,73 ± 9,12	12,72 ± 7,87
900	433,00 ± 144,00	23,10 ± 10,80	17,30 ± 9,60
1000	175,00 ± 198,00	25,30 ± 22,40	22,70 ± 19,10
<i>БШ<sub>СБ</sub></i>			
Исходный	956,00 ± 298,00	44,60 ± 22,20	11,00 ± 16,00
800	1475,00 ± 583,00	53,10 ± 47,90	0,00 ± 35,90
900	1047,00 ± 751,00	39,60 ± 74,70	65,10 ± 67,20
1000	912,00 ± 390,00	16,60 ± 30,80	37,20 ± 28,70

*Примечание. БШ<sub>ЮО</sub> – буровой шлам Южно-Островного нефтяного месторождения; БШ<sub>СН</sub> – буровой шлам Средне-Назымского нефтяного месторождения; БШ<sub>СБ</sub> – буровой шлам Средне-Балыкского нефтяного месторождения.*

Эффективная активность природных радионуклидов в буровых шламах колебалась от 51 до 211 Бк/кг (рисунок 2). Для образцов *БШ<sub>СБ</sub>* характерны наибольшие значения по сравнению с остальными пробами, независимо от температуры обжига (141–211 Бк/кг). При этом не наблюдалось тенденции связи эффективной активности ЕРН и температуры обжига. Результаты спектрометрического анализа показали, что природная радиоактивность буровых шламов в большей степени обусловлена активностью калия  $^{40}\text{K}$ .

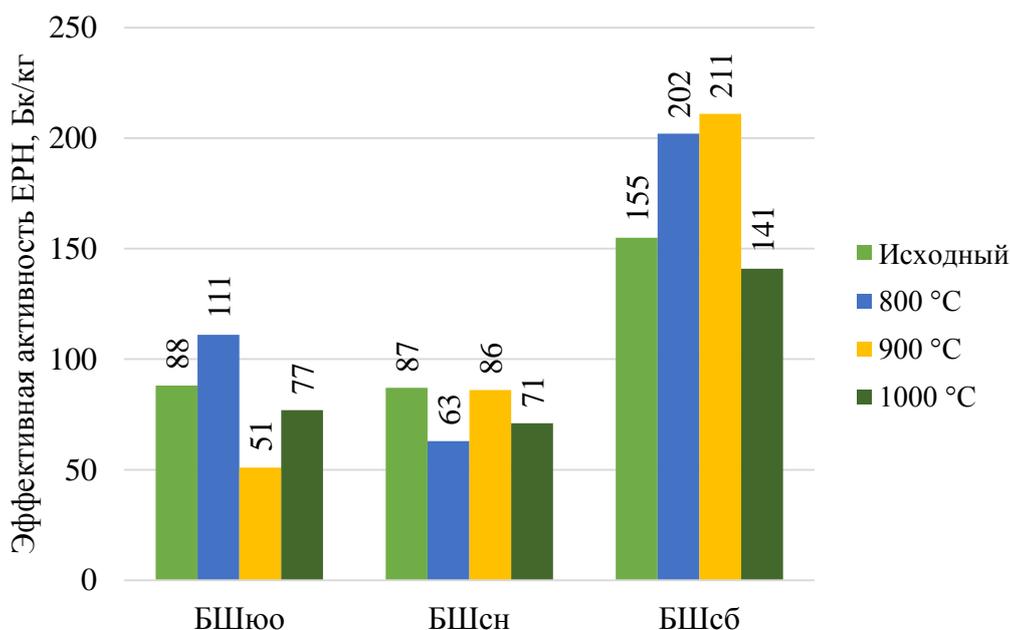


Рисунок 2 – Эффективная активность ЕРН в буровых шламах до и после обжига

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эколого-радиационная оценка буровых шламов нефтяных месторождений Западной Сибири и продуктов их термического обезвреживания при различных температурных режимах показала, что удельная эффективная активность ЕРН варьировала от 51 до 211 Бк/кг. Указанные значения позволяют отнести исследуемые образцы к первому классу строительных материалов (не превышают 370 Бк/кг – верхней границы класса).

Обезвреженные буровые шламы предлагается использовать в качестве строительного материала для отсыпки дорог или кустовых площадок на месторождениях. При этом согласно требованиям ГОСТ 30108-94 допустимый уровень эффективной удельной активности естественных радионуклидов щебня, гравия, песка для дорожного строительства в пределах населенного пункта составляет 370–740 Бк/кг, а для дорожного строительства вне населенных пунктов – до 1350 Бк/кг.

Таким образом, с точки зрения радиационной безопасности буровые шламы могут использоваться в качестве вторичного материального ресурса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиационно-химическая характеристика буровых шламов Западной Сибири и модернизация системы обращения с отходами бурения / А. Безденежных, О. Осташ, С. Осташ [и др.] // Экология и промышленность России. – 2020. – № 24 (9). – С. 16–21 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-9-16-21>
2. Гаевая, Е. В. Оценка радиационной опасности буровых шламов и возможность их использования для рекультивации нарушенных земель / Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://esj.today/PDF/42NZVN223.pdf>
3. Зимнухова, А. Е. Исследование способа обезвреживания буровых шламов на углеводородной основе / А. Е. Зимнухова, Е. В. Гаевая // Экология и промышленность России. – 2024. – № 28 (1). – С. 4–10 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-1-4-10>
4. Физико-химическое воздействие на шламы повышенной радиоактивности с целью улучшения экологической обстановки месторождений / А. Э. Беляев, Е. И. Крапив-

ский, Ю. Г. Смирнов, В. Н. Рыжаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 10. – С. 78–83.

5. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные, определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 9 с.

6. Лебедев, В. А., Проблемы обеспечения радиационной безопасности в нефтедобывающей промышленности России / В. А. Лебедев, В. С. Карабута // Молодой ученый. – 2016. – № 1 (105). – С. 257–261.

## RADIATION ASSESSMENT OF DRILLING SLUDGE DURING THEIR HIGH-TEMPERATURE NEUTRALIZATION

A. Zimmukhova, PhD student,  
e-mail: nastya\_plotnikova@bk.ru  
Industrial University of Tyumen

The article presents data on the radiation assessment of drilling sludge and products of their thermal neutralization at three temperature regimes: 800, 900 and 1000 °C. Spectrometric studies of the specific activity of natural radionuclides: potassium-40, thorium-232 and radium-226, as well as the specific effective activity of natural radionuclides have been carried out. It has been found that the values of the specific effective activity of natural radionuclides in the studied samples did not exceed 370 Bq/kg, which allowed them to be classified as the first class of building materials and to conclude that drilling sludge can be used as secondary material resources in the production of inert materials.

**Key words:** *drilling sludge, inert material, drilling waste, natural radionuclides, radiation safety, high temperature firing*