



ОБЩЕСТВЕННЫЙ
СОВЕТ
РОСАТОМ

V научно-практическая конференция
«Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными
отходами научно-промышленных центров»

Сергиев Посад, 20-21 сентября 2023 г.

Проблемы обращения с промышленными отходами, содержащими природные радионуклиды

Муратов Олег Энверович, к.т.н.

Член Общественного совета Госкорпорации «Росатом»

Природные радионуклиды

- Радиоактивность – природное физическое явление, как гравитация, электромагнетизм и др.;
- Радиоактивные элементы – все элементы таблицы Менделеева с номером 82 и выше, а также некоторые элементы ее середины (^{40}K , ^{87}Rb и др.);
- ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th образуют три радиоактивных семейства последовательных распадов с перемежающимися α - и β -распадами, в результате образуются стабильные ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb ;
- Наиболее распространенные природные радионуклиды:
уран ($2,5 \cdot 10^{-4} \%$), торий ($1,3 \cdot 10^{-3} \%$), калий-40 ($1,2 \cdot 10^{-2} \%$);
- Также содержится несколько десятков дочерних продуктов распада, главные дозообразующие из которых:



- Все почвы, минералы, горные породы, руды, в качестве примесей содержат радионуклиды;
- В результате хозяйственной деятельности на поверхность Земли выносятся огромное количество природных радионуклидов

Отходы отраслей, использующие материалы с содержанием радионуклидов

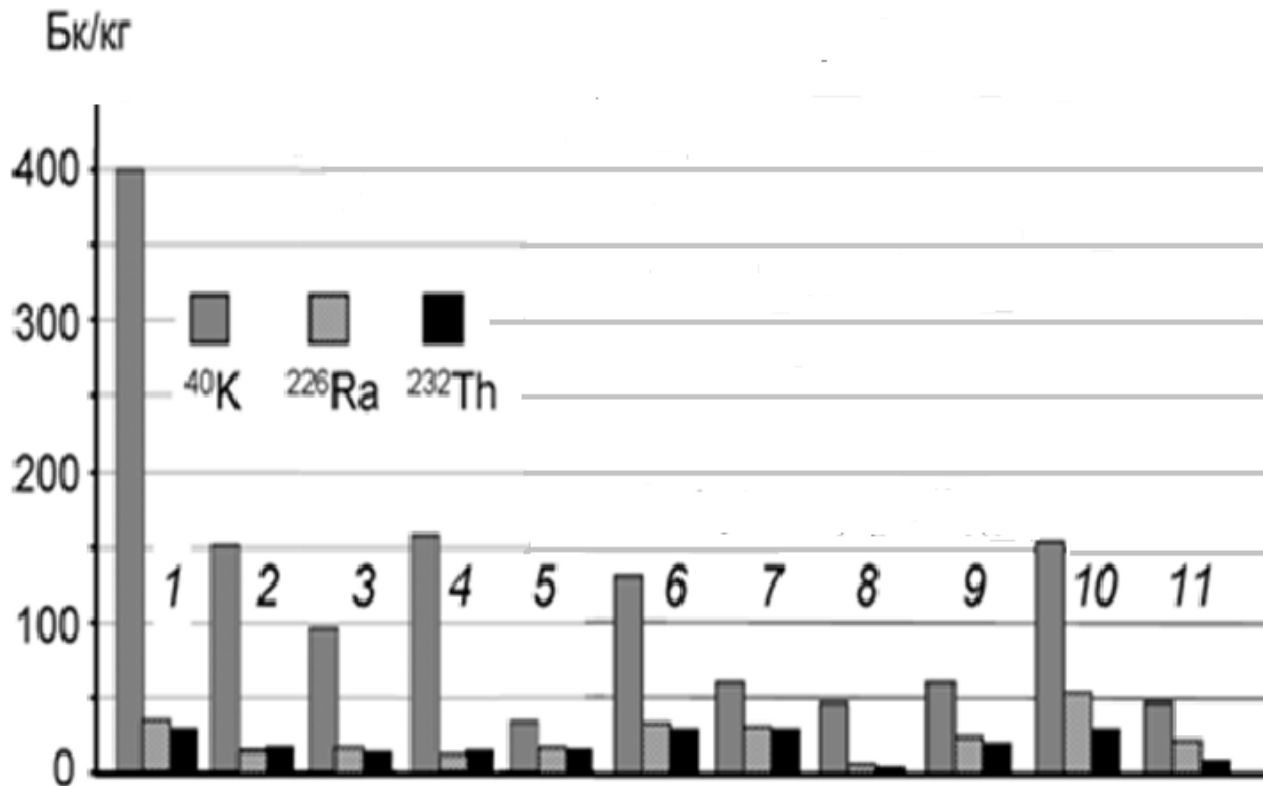


- ТЭС на углеводородном топливе – главный источник образования промышленных отходов с содержанием природных радионуклидов
- Горно-обогатительные предприятия – выделение радона из отвалов при открытом хранении отходов;
- Фосфатная промышленность – в отходы переходит ~58% радионуклидов, содержащихся в исходном сырье;
- Metallurgical enterprises:
 - черная металлургия – в шлаки переходят ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , их активность выше, чем в исходном сырье
 - титано-магниевое производство – радионуклиды полностью переходят в шлак, количество отходов составляет 0,2-3,3 т на 1 т оксида титана
 - производство редких металлов (Zr, Hf, Sn) – содержание ^{226}Ra в отходах ~1,6 Бк/г
- Использование подземных вод – ввиду их обогащения изотопами радия отходы водоподготовки достигают до 100 Бк/г
- Выделение редкоземельных элементов – минералы содержат ~(6-12)% тория, удельная активность отходов 144-666 Бк/г

Удельная активность органического топлива

№	Топливо	Активность,
1	Уголь	$0,6 \div 8,4 \cdot 10^4$ Бк/кг
2	Нефть	$0,06 \div 1,1 \cdot 10^4$ Бк/кг
3	Мазут	$\sim 1,2 \cdot 10^3$ Бк/кг
4	Природный газ	$1,5 \cdot 10^3 \div 3 \cdot 10^7$ Бк/м ³
5	Торф	$0,6 \div 4,8 \cdot 10^4$ Бк/кг

Радиоактивность угля



1 – среднемировые концентрации; 2 – Интинское; 3 – Воркутинское;
4 – Кузнецкое; 5 – Хакасское; 6 – Райчихинское; 7 – Нерюнгринское;
8 – Ургальское; 9 – Харанорское; 10 – Чегдомынское; 11 – Лучегорское

Радионуклиды в продуктах сжигания угля

- Золошлаковые отходы составляют ~10% объема сжигаемого угля;
- При сжигании угля происходит концентрирование радионуклидов в золе и шлаке;
- Концентрация естественных радионуклидов ^{40}K и ^{226}Ra в золе увеличивается в 2-8, ^{232}Th в 3-8, ^{210}Po в 10-20 раз;
- В шлаке удельная активность ^{40}K возрастает в 2-7, ^{232}Th в, ^{226}Ra в 3-8, ^{210}Po в 10-20 раз;
- Средние коэффициенты обогащения золы радионуклидами:

^{40}K – 2,8

^{226}Ra – 2,6

^{232}Th – 2,1

- Средние коэффициенты обогащения шлака радионуклидами

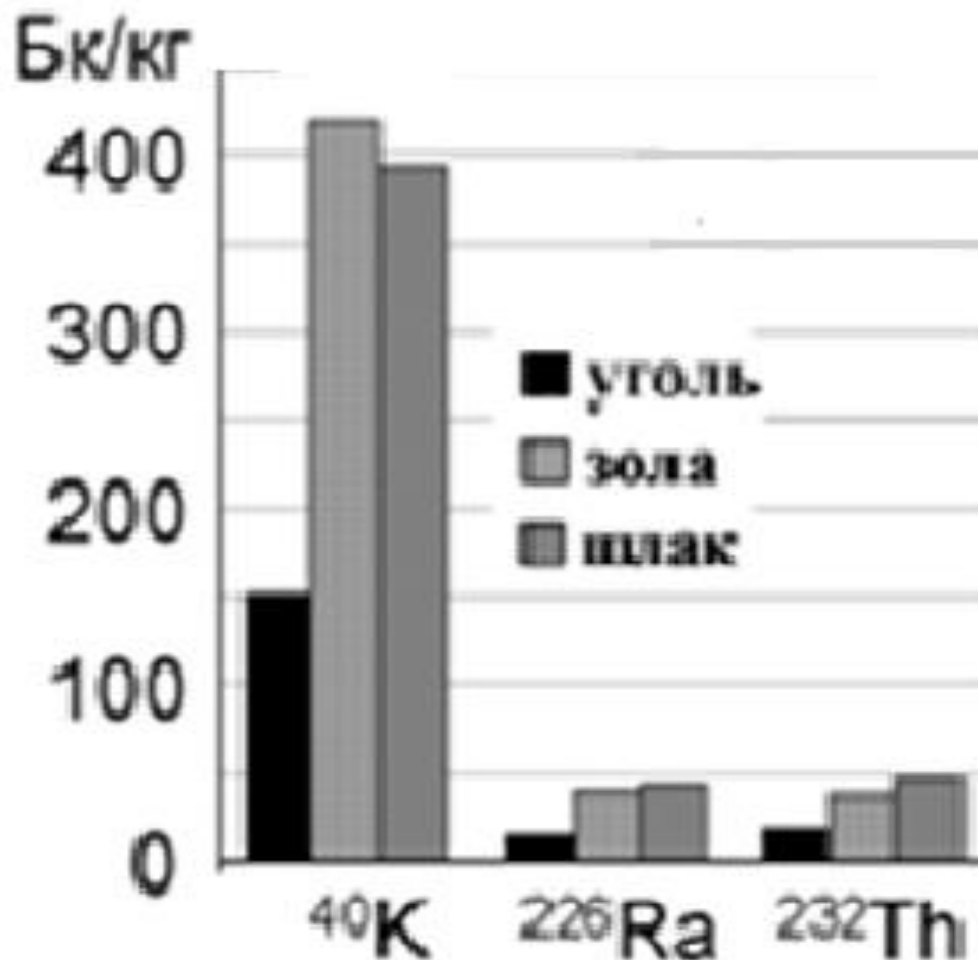
^{40}K – 2,6

^{226}Ra – 2,9

^{232}Th – 2,6

После сгорания в золе и шлаке остается более 90 % начальной радиоактивности угля

Накопление радионуклидов в золе и шлаке при сжигании угля Интинского месторождения



Золоотвалы угольных ТЭС



- Под хранение золошлаковых отходов ТЭС отчуждено 20 тыс. км²;
- Всего накоплено ~1,5 млрд т,
- Ежегодно образуется ~30 млн т (используется ~10%),
- Поток радона с поверхности отвалов – 0,018 Бк/с*м²

Природные радионуклиды нефтегазового комплекса

- Концентрация урана в окружающих нефтяные пласты породах ~1000 г/т и более;
- Породы содержат рассолы, в которых растворен ^{226}Ra и его дочерние продукты распада (^{222}Rn , др.);
- Загрязнение нефти и газа радоном происходит за счет его диффузии в нефтяные и газовые пласты;
- К потокам нефти и газа примешивается вода, содержащая растворенные неактивные сульфаты и карбонаты Cu , Sr и Ba , с которыми на стенках труб соосаждаются ^{226}Ra и его дочерние продукты;
- Удельная активность отложений (радиобариты $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$) на поверхности труб, арматуры и другого оборудования достигает **$1,5 \cdot 10^7$ Бк/кг**;
- Главные загрязнители нефти и газа – ^{226}Ra , а также ^{210}Pb и ^{210}Po (продукты распада ^{222}Rn);
- Основные виды отходов:
 - осадки и отложения на трубах и технологическом оборудовании $\sim 1,5 \cdot 10^7$ Бк/кг
 - пластовые воды
 - нефтешламы

Радиоактивность природного газа

Источник газа	Добыча газа, 10^9 м ³ /год	Пределы содержания ²²² Rn, Бк/м ³	Среднее содержание ²²² Rn, Бк/м ³	Высвобождаемая радиоактивность, ТБк/г
Северное море				
- английский сектор	45	30-40	3	1,6
- норвежский сектор	88	40-1700	74	9
ФРГ	54	100–4900	200	10
Канада	98	150–20000	8700	900
США	373	185–54000	1300	600
Нигерия	3	40–60	67	0,2

Удельная активность природных радионуклидов в отходах нефтегазового комплекса, Бк/г

Радионуклид	Виды отходов		
	Пластовые воды	Осадки и отложения	Шламы
^{238}U	0,0003-0,1	0,001-0,5	0,005-0,01
^{226}Ra	0,002-1200	0,1-15000	0,05-800
^{210}Po	–	0,02-1,5	0,004-160
^{210}Pb	0,05-190	0,02-75	0,1-1300
^{232}Th	0,0003-0,001	0,001-0,002	0,002-0,01
^{228}Ra	0,3-180	0,05-2800	0,5-50

Общее количество отходов с природными радионуклидами по неполным данным $\sim(3-5)*10^5$ т:

- АО «Татнефть» – ежегодно образуется 3-5 тыс. т
- АО «Саратовнефтегаз» – на внешней поверхности резервуаров уровни гамма-излучения ~ 5 мкЗв/ч (в 50 раз выше фона)
- Территория АО «Ставропольнефтегаз» – загрязнения зафиксированы мелкомасштабной аэрогамма-съёмкой (1:500000), выявлены объекты радиоактивного загрязнения (склады списанного оборудования, отстойники, пункты сбора нефти, поля испарения сбрасываемой пластовой воды)

Хранение отходов АО "Роснефть-Ставропольнефтегаз"



**Специализированная
площадка
для хранения
производственных отходов
(насосно-компрессорные трубы)**

**ОАО «НК»Роснефть-
Ставропольнефтегаз»**



Оценка радиационной безопасности

Показатель	Промотходы	РАО
Фоновое и повышенное содержание радионуклидов на объекте и в СЗЗ	Контроль отсутствует	Постоянный контроль
Меры по ограничению распространения техногенно сконцентрированных радионуклидов в окружающую среду	Отсутствуют	Имеются
Содержания радионуклидов в добываемых природных ископаемых	Контроль отсутствует	Постоянный контроль
Наличие и функционирование системы обращения с отходами на всех этапах топливного цикла	Отсутствует	Имеется
Рекультивация радиоактивных загрязнений местности	Не проводится	Проводится по ФЦП
Учет воздействия радионуклидов в технологиях добычи и первичной обработки ископаемых	Отсутствует	Имеется
Радиационный контроль при добыче ископаемых	Отсутствует	Постоянный
Контроль накопления радионуклидов с системах водоподготовки поступления в окружающую среду	Отсутствует	Постоянный

Необходимость радиационного контроля промышленных отходов с содержанием природных радионуклидов

- Содержание природных радионуклидов в производственных отходах в сотни раз превышает их содержание в земной коре, мощность дозы гамма-излучения вблизи таких отходов иногда достигает 20-50 мкЗв/час;
- Облучение за счет этих отходов воздействует на большее количество населения, чем РАО;
- Отходы имеют огромную массу, не отработаны оптимальные варианты их размещения с точки зрения безопасности для населения и окружающей среды;
- Характеристики содержания природных радионуклидов в отходах различных отраслей практически не изучены;
- Отходы могут перерабатываться с извлечением полезных компонентов и быть дополнительным сырьевым ресурсом;
- В отечественных и международных нормативных документах отсутствуют требования к содержанию радионуклидов в минеральном сырье;
- В НРБ-99/2009 определены ограничения содержания радионуклидов только в продуктах сжигания углей (зола, шлак) при использовании для строительных целей

Нормативно-правовое обеспечение обращения с отходами в России



Закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»

- Понятие отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов отсутствует – п.1 ст.1;
- Требование утилизации отходов с целью извлечения полезных компонентов – П8 ст.12

Закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами»

- Включает отходы с содержанием природных радионуклидов – разд. 7 п.3 ст.4;
- Требование обязательного захоронения отходов – п.1 ст.12

Требования по обращению с промышленными отходами



СП 2.6.1.1292-03 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения» (с изменениями СанПиН 2.6.1.2750-10)

Категория отходов	$A_{эфф}$, кБк/кг
I	< 1500
II	1500 < 10000
III	> 10000

- Введена классификация отходов по эффективной удельной активности природных радионуклидов;
- Правила по обращению с отходами:
 - I категории - может проводиться без ограничений по радиационному фактору, захоронение на полигонах промышленных отходов
 - II категории - необходимо оформление санитарно-эпидемиологическое заключение, захоронения должны обеспечивать соблюдение дозовых пределов облучения населения, установленных НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности».
 - III категории - должно проводиться как с радиоактивными отходами

Требования по обращению с промышленными отходами, содержащими ПРН

Отходы от добычи минерального сырья – РАО класса 6 (ПП от 12.10.2012 №1069):

Твердые отходы:

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

A_{Ra} - $A_{уд}$ ^{226}Ra , находящегося в равновесии с радионуклидами ряда U, Бк/г;

A_{Th} - $A_{уд}$ ^{232}Th , находящегося в равновесии с радионуклидами ряда Th, Бк/г;

A_K - $A_{уд}$ ^{40}K , Бк/г.

Жидкие отходы:

$$A_U + 2,14A_{Th} > 0,13 \text{ Бк/г},$$

A_U - $A_{уд}$ ^{238}U , находящегося в равновесии с радионуклидами ряда U, Бк/г;

A_{Th} - $A_{уд}$ ^{232}Th , находящегося в равновесии с радионуклидами Th, Бк/г

Согласно ФЗ от 11.07.2011 г. №190:

- Отходы подлежат захоронению**
- Захоронение разрешено на площадках эксплуатирующих организаций**



Полигон захоронения промотходов с ПРН – ОИАЭ?

Обращение с промышленными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов

- **Согласно 89-ФЗ захоронение отходов, в составе которых имеются полезные компоненты, подлежащие утилизации, запрещено;**
- **Запрещено захоронение** промышленных отходов, в том числе с повышенным содержанием природных радионуклидов, **только при их включении в Федеральный классификационный каталог отходов;**
- Согласно распоряжению Правительства РФ от 25.07.2017 г. № 1589-р каталог включает 182 наименования видов отходов
- В настоящее время в каталог включены **только лом и отходы черных и цветных металлов**, дезактивированные, с повышенным содержанием природных радионуклидов, эффективная удельная активность которых не более 1500 Бк/кг;
- **Другие промышленные отходы с повышенным содержанием природных радионуклидов в каталоге отсутствуют!**

Полигоны для размещения промышленных отходов

- Полигоны для промышленных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов:

$$A_{ПРН} < 1500 \text{ Бк/кг}$$

- Требования к полигонам для захоронения промышленных отходов:
 - санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии объекта санитарным правилам и нормативам;
 - санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии проекта СЗЗ объекта СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-032;
 - проведение производственно экологического контроля и мониторинга за состоянием окружающей среды



Ни один из перечисленных документов не рассматривает вопросов обеспечения радиационной безопасности

- **Повышенное содержание природных радионуклидов во многих видах производственных отходов, их огромные и постоянно образующиеся объемы делает необходимой их оценку как источника поступления радионуклидов в окружающую среду и дополнительного облучения населения;**
- **Полигоны для захоронения производственных отходов проектируются, эксплуатируются и рекультивируются в соответствии с требованиями многих нормативных документов, ни один из которых не уделяет должного внимания вопросам обеспечения радиационной безопасности;**
- **В настоящее время проблема обращения с производственными отходами, содержащими природные радионуклиды не решена и для ее решения необходимо определить окончательный статус этих отходов и внести изменения в нормативно-правовые документы различного уровня**



ОБЩЕСТВЕННЫЙ
СОВЕТ
РОСАТОМ

Спасибо за внимание!

Муратов Олег Энверович,

muratov.box@mail.ru

+7 911 9202259