

## РАДИАЦИОННОЕ РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С МИНЕРАЛЬНЫМ СЫРЬЕМ, МАТЕРИАЛАМИ И ОТХОДАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ ТЕХНОГЕННО - УСИЛЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В статье предложены методические подходы и рекомендации по радиационному регламентированию обращения с техногенно-усиленными источниками естественного происхождения. Обоснована классификация по смыслу естественных радионуклидов в минеральном сырье, материалах и технологических отходах.

У статті запропоновано методичні підходи та рекомендації по радіаційному регламентування поводження з техногенно-підсиленими джерелами природного походження. Обґрунтована класифікація за змістом природних радіонуклідів у мінеральній сировині, матеріалах і технологічних відходах.

The article suggests methodical approaches and recommendations on radiation treatment regulation technologically-enhanced naturally occurring sources. Substantiated classification content of natural radionuclides in the mineral raw materials, materials and process waste.

**Вступление.** В последнее десятилетие в связи с интенсивным развитием промышленности, ростом внимания к качеству жизни и, соответственно, к чистоте окружающей среды, весьма актуальной становится проблема обращения с техногенно-усиленными источниками природного происхождения. Это обусловлено тем, что естественные радионуклиды рядов урана и тория играют большую роль в облучении человека, чем искусственные. Исключительно остро стоит эта проблема в Украине.

Это вызвано следующими причинами:

- интенсивное развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности;
- геологические условия страны;
- высокая плотность населения в промышленных регионах страны;
- высокий уровень развития сельского хозяйства;
- авария на Чернобыльской АЭС и радиологические последствия этого.

Учитывая это, в Украине принят ряд нормативных документов, регламентирующих облучение работников и защищающих их от вредного воздействия на организм:

Закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующих излучений»;

Закон Украины «Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения»;

Закон Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности»;

Закон Украины «Об охране труда»

Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97);

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины (ОСПУ-2005);

**Описание проблемы.** Проведенные в последние годы исследования на рудниках Кривбасса показали, что эффективные дозы облучения шахтеров железорудных шахт могут достигать величины 15-25 мЗв, что в несколько раз превышает дозы облучения работников атомных станций.

Аналогичная ситуация на металлургических предприятиях. При выплавке флюса АН-67А на Никопольском заводе ферросплавов концентрация полония – 210 в воздухе в пиковом режиме превышала на два порядка нормативы для населения и в полтора раза для категории «персонал». В шламах концентрация полония – 210 и свинца – 210 достигала величины соответственно 5400 и 12400 Бк·кг<sup>-1</sup>, в связи с чем они подпадают под категорию «низкорadioактивные отходы» [1].

На рабочих местах коксового цеха коксохимического производства ПАО "АрселорМиттал Кривой Рог" было с применением методов альфа - спектрометрического и радиометрического анализа проанализировано две пробы воздуха на содержание U-238 и Po-210. Содержание U-238 и Po-210 в воздухе оказалось равно, соответственно, 0,9 и 0,0045 Бк·м<sup>-3</sup>, что значительно ( до 300 раз по урану) превышает допустимые концентрации в воздухе для категории В (население). В табл. 1 приведены данные по содержанию естественных радионуклидов в угле, смоле и коксе, которые являются сырьем и готовым продуктом коксохимического производства.

Таблица 1

Содержание естественных радионуклидов в угле, смоле и коксе коксохимического производства ПАО "АрселорМиттал Кривой Рог", Бк·кг<sup>-1</sup>

Материалы	Калий-40	Свинец-210	Полоний-210	Радий-226	Уран-238	Торий-232
Уголь	90±12	36±6	12±4	12±2	94±8	16±2
«СС»	78±13	45±7	5±2	25±3	108±10	11±2
Кокс	11±7	139±17	222±40	2,1±1,3	39±4	2,0±0,6
Смола						

Из табл.1 видно, что при высокой температуре идет процесс технологического перераспределения радионуклидов между коксом и смолой. Это может создать опасность дополнительного облучения рабочих на этих и смежных производствах.

**Цель статьи** - обоснование необходимости нормативного регулирования радиационной безопасности работающих на действующих горных и металлургических производствах и населения Украины.

**Методические подходы и предложения по радиационному регламентированию.** Учитывая необходимость гармонизировать нормативную базу Украины с нормативной базой европейских стран, при разработке регламентирующих величин учитывались подходы к этой проблеме ЕС и Канады [2-4].

Опасность для работников при обращении с минеральным сырьем и материалами зависит от удельной активности в них естественных радионуклидов, количества этих материалов на рабочем месте, продолжительности работы с

ними, запыленности воздуха в зоне дыхания, вентиляции помещений и ряда других параметров. Для обеспечения радиационной безопасности работников в условиях производства, включая планирование вида, объемов и периодичности радиационного контроля при обращении с минеральным сырьем и материалами, а также мероприятий по противорадиационной защите населения вводится их классификация по трем классам.

Критериями классификации есть общая удельная активность естественных альфа-излучающих радионуклидов в минеральном сырье и материалах и мощность поглощенной в воздухе дозы на расстоянии 0,1 м от них (табл. 2).

Таблица 2

Классификация минерального сырья и материалов

Класс	Критерии	
	Удельная активность естественных альфа-излучающих радионуклидов, кБк·кг <sup>-1</sup>	Мощность поглощенной в воздухе дозы, мкГр·час <sup>-1</sup>
Первый	<10 <sup>0</sup>	<0,5
Второй	>10 <sup>0</sup> ; <10 <sup>1</sup>	>0,5; <5,0
Третий	>10 <sup>1</sup> ; <10 <sup>2</sup>	>5,0; <50

Обращение с сырьем и материалами I класса с объемами до 100 тонн в производственных условиях осуществляется без каких-либо ограничений. В случае больших объемов сырья или материалов, применение технологий высокотемпературной переработки, технологий обогащения сырья обязательным условием есть проведение радиационно-гигиенической оценки условий работы, включая оценку вероятных доз облучения работников.

Правила обращения с сырьем и материалами II класса устанавливаются на основе радиационно-гигиенической оценки условий работы с учетом характера их использования, транспортирования, складирования. По результатам дозиметрической оценки принимается решение о выдаче санитарно-эпидемиологического заключения и определения вида радиационного контроля.

Гигиеническая оценка материалов, сырья III класса является обязательной и проводится с учетом объемов и характера их использования. Оценка доз облучения работников этих организаций и населения, которое может испытывать облучение вследствие добычи, переработки, складирования, транспортирования материалов или сырья с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ЕРН) является обязательной. По результатам этой оценки может приниматься решение об отнесении работников к категории "Персонал", а также определяется необходимый объем радиационного контроля и принимается решение о необходимости проведения специальных мероприятий по уменьшению доз облучения. При этом обязательно оформляется санитарно-эпидемиологическое заключение. Для предприятия или объекта обосновывается категория в соответствии с требованиями раздела 7.2 ОСПУ-05.

Вопрос об использовании, складировании и транспортировании сырья или материалов с удельной активностью естественных альфа-радионуклидов свыше  $100 \text{ кБк}\cdot\text{кг}^{-1}$  решается в каждом конкретном случае Министерством здравоохранения Украины на основании проведенной радиационно-гигиенической оценки вероятной ситуации облучения в условиях производства и оценки доз облучения населения/

К началу использования материалов второго и третьего классов предприятия или организации необходимо:

- получить от поставщика полную информацию об изотопном составе материала, включая содержание в нем естественных радионуклидов;
- официально сообщить об этом органы Госсанэпидемслужбы, предоставив следующую информацию:
  - точное наименование материала, название и адрес поставщика;
  - планируемые объем и периодичность поставок;
  - количественные данные о содержимом естественных радионуклидов в материале;
  - перечень рабочих мест в технологическом процессе использования материала, их количество и общая численность занятых относительно процесса работников;
  - место складирования материала и способ его использования в производстве;
  - степень механизации работ с материалом на отдельных этапах производства.

При поиске, добыче и переработке полезных ископаемых, сырья или материалов образуются технологические отходы с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ТОЕРН). Они различаются по агрегатному состоянию, удельной активности, радионуклидному составу, содержанию солей, другим физико-химическим свойствам, которые имеют значение для выбора способов переработки, хранения или захоронения ТОЕРН. К жидким ТОЕРН относятся не подлежащие дальнейшему использованию органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность отдельных природных радионуклидов превышает значение уровней  $PC^{ingest}$ , приведенных в таблице П.2.2. НРБУ-97 или состав смеси радионуклидов такой, что сумма соотношения удельной активности каждого отдельного радионуклида к соответствующему значению его  $PC^{ingest}$  превышает единицу.

Твердые ТОЕРН подразделяются на сыпучие и фрагментарные.

**Сыпучие твердые ТОЕРН** - загрязненный естественными радионуклидами материал (грунты, шламы, фосфогипс, хвосты, пыль из системы газоочистки и прочее), в котором концентрация радиоактивных нуклидов равномерно распределена. Они обычно низкие по концентрации радионуклидов, но относительно большие по объему.

**Фрагментарные твердые ТОЕРН** - загрязненный естественными радионуклидами материал (оборудование и его части, трубы, металлоконструкции, отдельные фрагменты строительных отходов), в которых радиоактивные веще-

ства сконцентрированы или неравномерно распределенные в материале. Обычно они имеют значительно более высокие концентрации радионуклидов в локальном объеме, чем сыпучие. Для твердых сыпучих ТООРН устанавливаются уровни освобождения от контроля.

**Уровни освобождения от контроля** - значение, установленные регулирующим органом и выраженные в единицах удельной активности, при которых или ниже которых техногенно-усиленные источники естественного происхождения (загрязненное оборудование, отходы) могут быть освобождены от регулирующего контроля.

В табл. 3 предложена классификация категорий твердых сыпучих ТООРН по критерию удельной активности, а в табл.4 – уровни освобождения для этих ТООРН.

Таблица 3

Классификация категорий твердых сыпучих ТООРН по критерию удельной активности

Категории ТООРН	Интервал значений удельной активности твердых ТООРН, кБк · кг <sup>-1</sup>	
	альфа- радионуклиды	бета-, гамма- радионуклиды
Н-1	< 10 <sup>0</sup>	< 10 <sup>1</sup>
Н-2	≥ 10 <sup>0</sup> ; < 10 <sup>1</sup>	≥ 10 <sup>1</sup> ; < 10 <sup>2</sup>
Н-3	≥ 10 <sup>1</sup>	≥ 10 <sup>2</sup>

Таблица 4

Уровни освобождения от контроля твердых сыпучих ТООРН естественных радионуклидов рядов <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U та <sup>232</sup>Th.

Радионуклид	Период полураспада	Тип распада	Уровни освобождения, Бк · кг <sup>-1</sup>
<b>Ряд <sup>238</sup>U</b>			
<sup>238</sup> U	4,77 · 10 <sup>9</sup> лет	α	1000
<sup>234</sup> U	2,45 · 10 <sup>5</sup> лет	α	1000
<sup>230</sup> Th	7,70 · 10 <sup>4</sup> лет	α	500
<sup>226</sup> Ra	1600 лет	α	250
<sup>210</sup> Pb	22,3 года	β	250
<sup>210</sup> Po	138,4 дней	α	750
<b>Ряд <sup>232</sup>Th</b>			
<sup>232</sup> Th	1,4 · 10 <sup>10</sup> лет	α	250
<sup>228</sup> Ra	5,75 лет	β	250
<sup>228</sup> Th	1,913 лет	α	250
<b>Ряд <sup>235</sup>U</b>			
<sup>235</sup> U	7,038 · 10 <sup>8</sup> лет	α	1000
<sup>231</sup> Pa	3,276 · 10 <sup>4</sup> лет	α	600
<sup>227</sup> Ac	21,773 года	α	600

Для твердых фрагментарных ТООРН (оборудование и его части, трубы, металлоконструкции, большие фрагменты строительных отходов) предлагаются к установлению уровни освобождения от контроля, приведенные в табл. 5. Кроме того, для твердых фрагментарных ТООРН должны выполняться следующие требования:

– мощность поглощенной дозы на расстоянии 0,1 м не более чем 0,26 мкГр· час<sup>-1</sup> ;

– отсутствие нефиксированного загрязнения естественными альфа-излучающими радионуклидами.

Таблица 5

Уровни освобождения от контроля для твердых фрагментарных ТООРН

Радионуклид	Уровни освобождения от контроля единичного фрагмента, Бк
<b>Ряд <sup>238</sup>U</b>	
<sup>238</sup> U	10000
<sup>234</sup> U	10000
<sup>230</sup> Th	1000
<sup>226</sup> Ra	1000
<sup>210</sup> Pb	1000
<sup>210</sup> Po	1000
<b>Ряд <sup>232</sup>Th</b>	
<sup>232</sup> Th	1000
<sup>228</sup> Ra	1000
<sup>228</sup> Th	1000
<b>Ряд <sup>235</sup>U</b>	
<sup>235</sup> U	10000
<sup>231</sup> Pa	1000
<sup>227</sup> Ac	1000

В условиях деятельности промышленных предприятий работники могут подвергаться дополнительному облучению техногенно-усиленными источниками естественного происхождения. В этом случае устанавливаются следующие дозовые критерии необходимости осуществления контроля, учета естественной составляющей облучения работников и принятия контрмер.

Если в производственных условиях годовая эффективная доза облучения техногенно-усиленными источниками естественного происхождения (без учета дозы фонового облучения) не превышает 1 мЗв, то контроль и учет естественной компоненты работников не обязательный (п. 5.1.3 НРБУ-97).

При эффективных дозах облучения работников от 1 до 5 мЗв в год, связанных с техногенно-усиленными источниками естественного происхождения, вводится система периодического радиационного контроля этого радиационно-

го фактора и возможная реализация определенных защитных мероприятий, которые вытекают из реальных условий облучения и возможного уменьшения доз облучения ценой обоснованных затрат.

Противорадиационная защита населения считается обеспеченной, если средняя годовая эффективная доза облучения критической группы населения не превышает 0,3 мЗв/год (300 мкЗв/год) за счет текущей деятельности предприятия или организации.

### **Выводы**

1. Предложены методические подходы и рекомендации по радиационному регламентированию обращения с техногенно-усиленными источниками природного происхождения.

2. Обоснована классификация по содержанию природных радионуклидов в минеральном сырье и материалах

3. Предложена классификация сыпучих и фрагментарных технологических отходов с повышенным содержанием естественных радионуклидов (ТОЕРН).

### Список литературы

1. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины (ОСПУ-2005)

2. Radiation Protection 122 Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part I Guidance on General Clearance Levels for Practices. 2000

3. Radiation Protection 122 Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part II Application of the Concept of Exemption and Clearance to Natural Radioactive Sources. 2001

4. Canadian guidelines for the management of naturally occurring radioactive materials (NORM).2000

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.  
Надійшла до редакції 30.10.2012*