

ВЛАДИМИР УШАКОВ

Радиоактивные ОТХОДЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ



Владимир Ушаков

**Радиоактивные отходы.
Технологические основы**

«Издательские решения»

Ушаков В. И.

Радиоактивные отходы. Технологические основы /
В. И. Ушаков — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-44-904257-6

Рассматриваются основы экологической проблемы радиационных отходов и технологии обращения с ними применительно к решению задач обеспечения экологической радиационной безопасности. Материалы предназначены для специалистов в области обеспечения радиационной и экологической безопасности.

ISBN 978-5-44-904257-6

© Ушаков В. И.
© Издательские решения

Содержание

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	8
Сущность проблемы РАО	8
Экологические особенности проблемы РАО	9
Обострение проблемы РАО на современном этапе	11
Экономические и политические аспекты проблемы РАО	13
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ	14
РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ, ИХ РАДИАЦИОННЫЕ	14
ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ	
Специфика понятия радиоактивных отходов	14
Конец ознакомительного фрагмента.	15

Радиоактивные отходы Технологические основы

Владимир Игоревич Ушаков

© Владимир Игоревич Ушаков, 2018

ISBN 978-5-4490-4257-6

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

В настоящих материалах рассматриваются основы экологической проблемы радиационных отходов и технологии обращения с ними применительно к решению задач обеспечения экологической радиационной безопасности.

Материалы предназначены для специалистов в области обеспечения радиационной и экологической безопасности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПЛ – атомная подводная лодка;
АЭС – атомная электростанция;
АЭУ —
ВВ – взрывчатое вещество;
ВМФ – Военно-морской флот;
ГРО – газообразные радиоактивные отходы;
ГСЭС – Государственная санитарно-эпидемиологическая служба;
ДМ – делящийся материал;
ДОА – допустимая объемная активность;
ДУ — допустимый уровень;
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;
ЖРО – жидкие радиоактивные отходы;
ЗИ – закрытый источник;
ИИ – ионизирующее излучение;
ИИИ – источник (и) ионизирующего излучения;
КПД – коэффициент полезного действия;
КУ – контрольный уровень;
ЛП – лучевое поражение;
МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии;
МЗА – минимально значимая активность;
МЗУА – минимально значимая удельная активность;
МКРЗ – Международная комиссия по радиационной защите;
НРБ – нормы радиационной безопасности;
ОБЭ – относительная биологическая эффективность;
ОИ – открытый источник;
ОПД – основной предел дозы;
ОРБ – обеспечение радиационной безопасности;
ОС – окружающая среда;
ОСП – основные санитарные правила;
ОСПОРБ – основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности;
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;
ПГП – предел годового поступления;
ПЗРО – пункт захоронения радиоактивных отходов;
ПРЗ – противорадиационная защита;
ПЯД – продукты ядерного деления;
РА – радиационная авария;
РАО – радиоактивные отходы;
РБ – радиационная безопасность;
РВ – радиоактивное вещество;
РЗ – радиоактивное загрязнение;
РН – радиоактивный нуклид (радионуклид);
РОО – радиационно опасный объект;
РПА – радиоактивные продукты аварии;
РПВ – радиоактивные продукты ядерного взрыва;
СЗЗ – санитарно-защитная зона;
СИЗ – средства индивидуальной защиты;

СПО – специализированная организация по обращению с РАО;
СПОРО – санитарные правила обращения с радиоактивными отходами;
ТВС – тепловыделяющая сборка;
ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент;
ТРО – твердые радиоактивные отходы;
ТУК – транспортный упаковочный комплект;
ТЭ – тротильный эквивалент;
ТЭС – тепловая электростанция;
УВ – уровень вмешательства;
УМА – удельная массовая активность;
УОА – удельная объемная активность;
УПА – удельная поверхностная активность;
ЭРБ – экологическая радиационная безопасность;
ЯВ – ядерный взрыв;
ЯВВ – ядерное взрывчатое вещество;
ЯО – ядерное оружие;
ЯР – ядерный реактор;
ЯРОО – ядерно и радиационно опасный объект;
ЯТЦ – ядерный топливный цикл;
ЯЭУ – ядерная энергетическая установка.

ВВЕДЕНИЕ

Сущность проблемы РАО

Широкое внедрение радиоактивных веществ (РВ) и других источников ионизирующих излучений (ИИИ) в различные сферы производственно-технической деятельности породило экологическую проблему радиоактивных отходов.

При этом под радиоактивными отходами (РАО) понимаются радиоактивные вещества и материалы (в том числе ядерные, делящиеся), представляющие определенную (чаще – экологическую) опасность и дальнейшее использование которых не предполагается.

Кратко существо данной проблемы можно сформулировать следующим образом.

Большие масштабы и все возрастающие темпы накопления РАО, как правило, их высокая активность и другие вредные свойства обуславливают увеличивающуюся опасность РАО для экологии человека, для других экологических систем и требуют оперативного принятия адекватных мер для обеспечения экологической радиационной безопасности (ЭРБ).

К радиоактивным отходам, связанным с использованием РВ и других ИИИ можно отнести:

радиоактивные отходы предприятий оборонного комплекса по производству ядерных взрывчатых веществ (ЯВВ) – плутония-239, обогащенного урана (урана-235), радиоактивного трития;

отработавшее ядерное топливо подвижных объектов с ядерными двигателями (главным образом – отходы ядерных реакторов (ЯР) кораблей);

радиоактивные продукты, которые могут возникать при радиационных авариях и вызывать радиоактивное загрязнение (РЗ) окружающей среды (ОС);

контрольные ИИИ, которые использовались в радиационных приборах для проверки их работоспособности и срок эксплуатации которых истек; к этой же группе РАО могут быть отнесены градуировочные (эталонные, образцовые) ИИИ с истекшим гарантийным сроком пригодности, которые применялись в системе технического обслуживания радиационных приборов;

другие ИИИ, использованные в научно-исследовательских и прочих целях (в том числе в качестве атомных бортовых источников электроэнергии на космических аппаратах, в средствах противопожарной автоматической сигнализации и пожаротушения, в медицинском радиационном оборудовании и т.д.).

Наиболее существенную экологическую радиационную опасность (ЭРО) из этих источников РАО представляют: в условиях штатной эксплуатации – отработавшее ядерное топливо ЯР, а в чрезвычайных ситуациях – радиоактивные продукты радиационных аварий.

Одним из принципиальных положений по организации работ с РВ является требование по минимизации количества РАО, образующихся при технологических процессах (операциях), связанных с применением ИИИ.

Сразу следует оговориться, что не всегда продукты указанных выше источников (в частности, отработанное ядерное топливо и оружейный плутоний) относятся к категории РАО, поскольку в некоторых условиях они могут быть утилизированы. Поэтому правильнее их относить к возможным РАО, поскольку они иногда действительно в дальнейшем не будут использоваться и подлежат уничтожению.

Экологические особенности проблемы РАО

В отличие от других видов отходов РАО имеют существенную специфику, обуславливающую их особую экологическую значимость. К их числу особенностей РАО можно отнести следующие.

1. Высокая опасность большинства РАО. Так РАО в виде отработавшего топлива ядерных реакторов относятся к числу ИИИ с наиболее высокой удельной активностью.

Удельная массовая активность тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) и тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерных реакторов к концу типового срока их эксплуатации (третьего года кампании) достигает 26 кКи/кг, что примерно соответствует 10^{15} Бк/кг (или 1 ПБк/кг).

Характерным для таких РАО является возрастание их активности в процессе работы реактора по сравнению с начальной: чем больше время работы, тем выше активность РАО, которая достигает максимального значения к моменту их выгрузки из реактора. Несколько в меньшей степени это свойство проявляется и при хранении оружейного плутония: в нем тоже происходит накопление со временем более активного америция-241 (по сравнению с плутонием-239).

2. Большой срок действия радиационной опасности РАО, что обуславливается большими периодами полураспада основной массы радионуклидов, входящими в состав РАО.

Так период полураспада плутония-239 составляет 24 100 лет, стронция-90 – 29,1 года, цезия-137 – около 30 лет. Периоды полураспада изотопов урана исчисляются миллионами лет (для урана-235 он равен 704 млн. лет, для урана-238 – 4470 млн. лет).

3. Трудность обезвреживания РАО. По-существу, единственным практическим способом обезвреживания РАО является их выдержка во времени на срок, пока активность не уменьшится вследствие естественного радиоактивного распада до допустимой величины. Как отмечалось, естественный распад радионуклидов РАО идет обычно очень медленно; изменить и как-то ускорить его принципиально нельзя. Поэтому срок выдержки для обезвреживания РАО может составлять десятки и сотни лет, а в ряде случаев достигать тысяч лет.

4. Возможность выделения при хранении и естественном распаде РАО радиоактивных веществ в газовой фазе с образованием радиоактивных аэрозолей. При этом происходит радиоактивное загрязнение воздуха и возникает дополнительная опасность внутреннего облучения персонала, работающего с РАО, а также населения. Эта опасность может усугубляться химической токсичностью некоторых радионуклидов (например, природного урана, урана-238, урана-235), при поступлении которых во внутренние органы и ткани они действуют как обычные сильные пищевые яды.

5. При складировании больших масс РАО высокой активности может выделяться значительное количество тепла, вследствие чего возможно интенсивное парообразование, повышение давления в замкнутых объемах и даже тепловой взрыв. В качестве одного из примеров проявления этого свойства РАО может служить Кыштымская радиационная авария (29.09.1957 г.), когда из-за неисправности системы теплоотвода в хранилище высокоактивных РАО произошел сильный взрыв с выбросом в ОС около 20 МКи радиоактивных веществ, и последствия которой ощущаются до сих пор.

6. Уникальность происхождения основной массы РАО: почти все они относятся к искусственным радионуклидам, в естественной природе их практически нет. Нет и никогда не было ранее в природе такой высокой концентрации радиоактивности на ограниченных площадях, какая в настоящее время иногда создается человеком.

7. Особыми свойствами обладают РАО, содержащие делящиеся материалы (ДМ). Сосредоточение ДМ в ограниченных объемах может привести к формированию критической массы и возникновению цепной ядерной реакции с большим выделением ядерной энергии. Это обу-

словливает особую потенциальную опасность РАО данного вида и необходимость соблюдения особых мер предосторожности при работах с ними.

8. Многообразие источников образования РАО, на что ниже обратим особое внимание.

Обострение проблемы РАО на современном этапе

Современные условия характеризуются возрастающим обострением проблемы РАО и актуальностью ее решения, что обуславливается целым рядом причин.

Во-первых, накоплением большой массы РАО. Оценки показывают, что общая активность обычных РАО, накопленных к концу 90-х годов прошлого века в нашей стране, и отработанного ядерного топлива (а оно, как отмечалось, тоже может рассматриваться как потенциальный РАО) уже в то время составляла более 260 ЭБк (7 млрд. Ки).

Еще одним источником накопления РАО длительное время была верхняя атмосфера – стратосфера. В ней скопилось значительное количество РВ, попавших туда в результате ядерных испытаний при проведении наземных, воздушных и высотных ядерных взрывов. Слабая вертикальная циркуляция воздуха в стратосфере обусловила стабильные условия для накопления в ней радиоактивности. Хотя такие взрывы уже давно не проводятся (по мораторию 1963 года), радиоактивные выпадения из стратосферы наблюдаются до сих пор.

Во-вторых, опережающие темпы накопления РАО по сравнению со скоростью их ликвидации. Самое большое количество РАО поставляют предприятия ядерно-топливного цикла (ЯТЦ). Темп накопления таких отходов оценивается средней величиной примерно в 10 тыс. тонн в год. Замена ТВЭЛов в ядерных реакторах производится регулярно через каждые 3 – 4 года, так что пополнение этих РАО идет непрерывно. Расчетное время эксплуатации ядерных реакторов ограничивается 25 – 30 годами, после чего должен осуществляться их демонтаж с выгрузкой РАО. Однако существующие мощности предприятий по выгрузке и обработке РАО не позволяют своевременно справляться с данной задачей, в результате чего происходит скопление РАО и создается опасная радиационная ситуация.

Примечание. Особенно напряженная в этом отношении обстановка складывается в Военно-морском флоте с атомными подводными лодками (АПЛ). В годы холодной войны в Советском Союзе было построено больше всех в мире кораблей с ядерными энергетическими установками: примерно 250 атомных подводных лодок, 5 надводных кораблей с мощным ракетно-ядерным вооружением (крейсеров типа «Адмирал Ушаков») и др. Было спущено на воду 8 атомных ледоколов («Ленин», «Арктика», «Сибирь», «Россия», «Севморпуть» и др.). Сейчас многие из них отслужили гарантийный срок и выведены из эксплуатации (например, ледокол «Ленин» в 1990 г.), их ядерные энергетические установки подлежат демонтажу, отработавшее ядерное топливо – выгрузке. Однако вовремя о создании необходимой инфраструктуры для проведения указанных работ не позаботились. В результате возникла накапливающаяся очередь по обработке РАО, главным образом АПЛ, насчитывающая более сотни с десятками единиц субмарин. Ежегодно из эксплуатации выводится примерно 10 лодок, а разгружается не более 6. Часть АПЛ ожидает своей очереди выгрузки отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) уже в течение нескольких лет.

В-третьих, все более очевидной становится тенденция к дальнейшему все возрастающему накоплению РАО как в настоящее время, так и в перспективе. Эта тенденция обуславливается безальтернативностью перехода к ядерной энергетике в глобальном масштабе.

Примечание. На путь интенсивного использования ядерной энергии встали уже многие страны. В настоящее время все острее проявляется превосходство ядерной энергетики перед традиционной, основанной на органическом топливе, в том числе и по экологическим показателям. Практическое отсутствие выбросов в атмосферу загрязняющих ее химических веществ – яркое свидетельство экологичности атомных электростанций (АЭС). Не случайно

АЭС «Сайзуэлл Б» (Великобритания) – первое в мире предприятие, внесенное в регистр благополучных экологических организаций. Экологически чистым окном Европы называют Францию, электроэнергетика которой основана на АЭС. Размеры отчуждаемой земли для размещения АЭС примерно в 4 раза меньше, чем для тепловых электростанций (ТЭС). Как ни удивительно на первый взгляд, при сжигании органического топлива в трубу ТЭС выбрасывается активности естественных радионуклидов несгоревшего топлива больше, чем при работе АЭС. В отличие от ТЭС, для выделения тепла в ЯР не требуется кислорода. Следовательно, его природные ресурсы на Земле сберегаются. Себестоимость электроэнергии, получаемой на АЭС (2,2 – 3 цент. / кВт-ч), сравнима, а порой и ниже аналогичной величины для энергетики на органическом топливе (2,5 – 4 цент. / кВт-ч в зависимости от энергоносителя).

Таким образом, масштабы использования ядерной энергии в мире и в нашей стране объективно должны возрастать. Вместе с ядерной энергетикой будет расти и количество связанных с ней РАО.

В-четвертых, нерешенность проблемы РАО является определенным тормозом для развития ядерной энергетике как в нашей стране, так и в ряде других государств. Тяжелые экологические последствия радиационной аварии на Чернобыльской АЭС и возрастающее радиоактивное загрязнение природы породили у многих людей чувство недоверия к энергии атома, которое зачастую лишь в популистских, спекулятивных целях подогревается средствами массовой информации. В значительной мере по этим причинам ядерная энергетика в стране топталась на месте. Образно проблему РАО называли бичом ядерной энергетике.

Экономические и политические аспекты проблемы РАО

Помимо экологической значимости, проблема РАО затрагивает экономические и даже политические вопросы общественной жизни.

С экономической точки зрения РАО сильно отличаются от обычных отходов своей высокой начальной стоимостью. В производство РВ, особенно ДМ, вкладываются очень большие средства. Достаточно вспомнить колоссальные затраты, которые потребовались на строительство гигантских заводов по получению ЯВВ, по обогащению урана и выделению плутония в период создания ядерного оружия (ЯО). Для решения этих задач были привлечены почти все экономические ресурсы страны.

Ликвидация РАО в свою очередь тоже требует больших материальных и трудовых затрат, связанных с проведением комплекса сложных технологических операций, строительством дорогостоящих хранилищ, обеспечением радиационной безопасности персонала и населения. В то же время подряды на ликвидацию РАО сулят большие экономические выгоды, поскольку высоко оплачиваются.

Политический аспект проблемы РАО связан не только с созданием партий «зеленых», ставящих в основу своей политической платформы экологические проблемы, в том числе и отношение к данной проблеме.

В последнее время проблема РАО вышла на международную арену и в связи с ядерными программами Ирана и Северной Кореи. Политический аспект проблемы РАО в последнее время получил новое развитие в связи с возрастанием угрозы радиационного терроризма и использованием в этих целях РАО. Как отмечалось, некоторые РАО отличаются очень высокой удельной активностью, что позволяет изготовить компактные (часто практически невидимые) ИИИ, представляющие смертельную опасность для человека. В целях политического шантажа возможно использование угрозы организации аварий на РОО с сильным РЗ ОС радиоактивными продуктами аварии, которые, по-существу, тоже являются РАО.

Таким образом, проблема РАО не мелкая и ограниченная по целям, объему и технологии чисто техническая задача, а категория глобального масштаба, имеющая большое экологическое значение и затрагивающая ряд жизненно важных общественных интересов.

Рассмотрению основных вопросов этой проблемы и посвящен данный материал.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ, ИХ РАДИАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Специфика понятия радиоактивных отходов

Как отмечалось, под радиоактивными отходами (РАО) понимаются радиоактивные вещества и материалы (в том числе ядерные, делящиеся), представляющие определенную опасность и дальнейшее использование которых не предполагается.

Таким образом, специфика самого понятия РАО включает в качестве одного из отличительных признаков, помимо их радиоактивной природы, наличие определенной опасности таких отходов. Если радиационная опасность отходов не проявляется, то они могут быть отнесены к стабильным веществам, и обращение с ними будет регулироваться по общим правилам работы с обычными отходами. При исследовании экологических проблем логично принимать во внимание, прежде всего, опасность РАО для экологических систем, для экологии человека.

Оценка опасности или безопасности РВ и других ИИИ для человека в настоящее время регламентируется такими общими официальными документами как НРБ и ОСПОРБ. Требования этих документов распространяются на ИИИ, отвечающие определенным критериям, которые устанавливают самую нижнюю границу опасной (включая экологически опасной) радиоактивности. Распространяются они и на РАО.

Таковыми критериями являются:

превышение создаваемой источником индивидуальной эффективной дозы облучения лиц из населения основного предела дозы (ОПД), равного 1 мЗв в год;

превышение создаваемой источником коллективной эффективной дозы облучения лиц из населения установленной величины, равной 1 чел.-Зв в год, когда индивидуальная эффективная годовая доза облучения меньше ОПД для населения, однако превышает 10 мкЗв.

Смысл второго критерия заключается в необходимости учета экологически опасной ситуации облучения не отдельных людей, а достаточно больших групп людей (популяции).

Например, в предельном случае, когда эффективная доза облучения равна 10 мкЗв, численность облучаемых лиц должна быть не менее: $1 \text{ чел.-Зв} / 10 \text{ мкЗв} = 100 \text{ тыс. чел.}$

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.