

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ 3 И 4 КЛАССОВ

И. А. Пронь, В. Ю. Коновалов

ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами»

Статья поступила в редакцию 23 октября 2018 г.

В статье описаны первые результаты приема Национальным оператором радиоактивных отходов для размещения в приповерхностном пункте захоронения, приведен анализ массива результатов измерения мощности дозы на поверхности упаковок РАО, отмечены аспекты нормативного регулирования правил установления частных критериев приемлемости РАО для захоронения в конкретный ППЗРО. Показаны сложности, вызванные многообразием предназначенных для захоронения типоразмеров контейнеров.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, пункт приповерхностного захоронения, критерии приемлемости, контейнеры, упаковка РАО, мощность дозы.

В 2015 году в закрытом административно-территориальном образовании (ЗАТО) Новоуральск введена в эксплуатацию первая очередь приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов (ППЗРО), предназначенного для захоронения радиоактивных отходов (РАО) 3 и 4 классов в соответствии с классификацией, принятой постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069 [1]. Такими РАО являются твердые или отвержденные отходы, с удельной активностью короткоживущих радионуклидов не выше САО и удельной активностью долгоживущих радионуклидов не выше НАО. РАО принимаются на ППЗРО в кондиционированной форме (см. ФЗ № 190-ФЗ от 11.07.2011 [2]), упакованными в контейнеры, предназначенные для захоронения.

Радиоактивные отходы, направляемые на захоронение в ППЗРО, должны соответствовать критериям приемлемости для захоронения: общим — установленным Федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии «Критерии приемлемости

радиоактивных отходов для захоронения» [3] (НП-093-14), и частным — установленным национальным оператором [2] и обоснованным в проектной документации ППЗРО.

Следует отметить, что в России не стандартизованы типоразмеры контейнеров для изготовления упаковок РАО, предназначенных для захоронения, в результате чего в настоящее время существует порядка 20 типоразмеров указанных контейнеров, обладающих различными массогабаритными, прочностными и другими характеристиками.

Многообразие контейнеров, на основании которых должны изготавливаться принимаемые на захоронение упаковки РАО, приводит при проектировании ППЗРО к отказу от создания автоматических грузозахватных приспособлений, требуемое количество которых — не менее количества используемых в проекте типов контейнеров. Создание необходимого количества таких устройств привело бы к необоснованным затратам на их конструирование, изготовление, хранение, монтаж/демонтаж на



Рис. 1. Зацепление упаковки РАО с использованием полуавтоматического захвата [4]

грузоподъемное оборудование. При этом указанное грузозахватное оборудование даже теоретически не могло бы выработать свой ресурс, так как отдельные типы контейнеров существуют в количестве от нескольких сотен до нескольких тысяч штук, и их дальнейшее производство не предусматривается.

Все вышесказанное привело к применению на ППЗРО намного конструктивно более простых полуавтоматических захватов, с использованием которых зацепление упаковки РАО происходит в ручном режиме (рис. 1), а расцепление после размещения в хранилище — в автоматическом.

Применение такого грузозахватного приспособления явилось одной из причин роста прогнозируемых доз облучения, определение которых в проектной документации любого ПЗРО требуется в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99/2010 [5] и НП-055-14 [6]. Это, в совокупности с другими факторами (применяемыми технологиями входного контроля, загрузки РАО в карту), потребовало введения ограничения на мощность дозы от принимаемых для захоронения упаковок РАО.

Для справки: предельная мощность дозы на поверхности упаковки РАО 3 класса (в 10 см от поверхности, далее пояснение опущено) в соответствии с [3] не должна превышать 10 мГр/ч, тогда как в первый введенный в эксплуатацию российский ППЗРО упаковки с мощностью дозы от 2 до 10 мГр/ч могут приниматься только по отдельному решению эксплуатирующей организации, которое принимается на основе возможности обеспечения эксплуатационной безопасности с учетом особых мер безопасности, предусмотренных эксплуатационной документацией ППЗРО.

С учетом указанного ограничения в 0,5 мГр/ч на поверхности упаковки, при проектировании удалось достигнуть на ППЗРО прогнозируемых (с учетом коэффициента запаса, равного 2, см. п. 3.3.4 ОСПОРБ-99/2010 [5]) проектных дозовых воздействий, соответствующих требованиям российских нормативных правовых актов, без увеличения количества персонала и

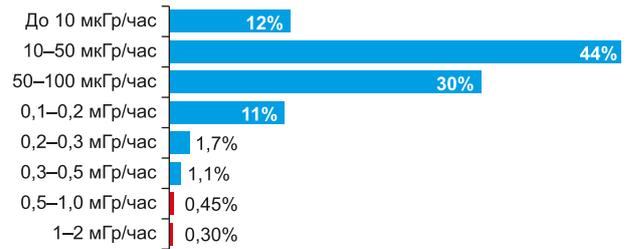


Рис. 2. Фактически наблюдаемые величины мощности дозы на поверхности принимаемых на захоронение упаковок РАО 3 и 4 класса

применения непопулярных мероприятий по его ротации.

Однако уже первый опыт приема РАО на ППЗРО показал, что мощность дозы от поступающих на захоронение упаковок в основной массе (свыше 99%) не превышает установленных проектом ППЗРО ограничений, причем вне зависимости от класса РАО (рис. 2).

Отсутствие этой зависимости объясняется большей биологической защитой толстостенных железобетонных контейнеров, которые применяются для упаковки РАО 3 класса, по сравнению с тонкостенными металлическими контейнерами для РАО 4 класса.

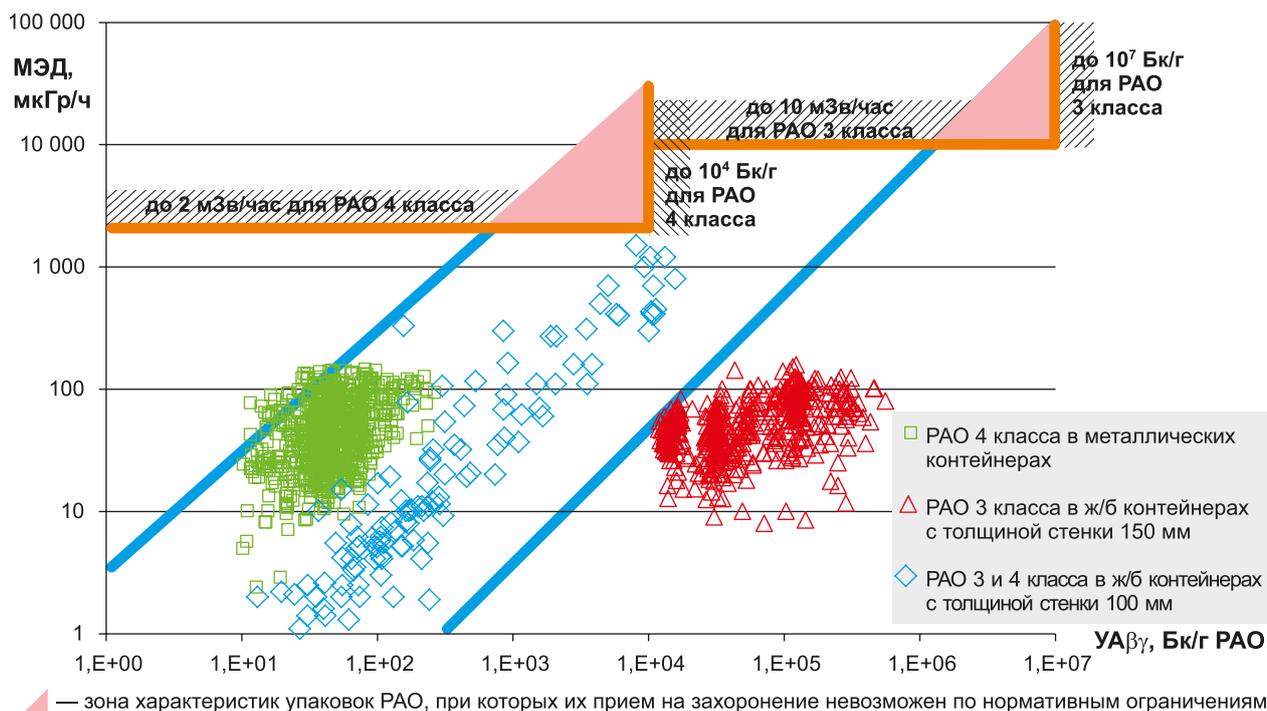
Для справки: толщина стенки типовых, применяемых в настоящее время контейнеров для РАО 4 класса (категории не выше НАО), 4–6 мм стали, тогда как толщина стенки железобетонного контейнера типа НЗК от 100 мм плотного железобетона и более. Кратности ослабления гамма-излучения для указанных контейнеров и основных гамма-излучателей (справочно) представлены ниже.

Материал контейнеров	Кратность ослабления	
	Излучение ¹³⁷ Cs	Излучение ⁶⁰ Co
4 мм стали (контейнеры КРАД, КМЗ)	1,07	1,07
100 мм бетона (например НЗК-МР)	3,30	2,60
150 мм бетона (например НЗК-150)	6,60	4,50

Анализ зависимости мощности дозы на поверхности упаковки от удельной активности размещенных в ней гамма-излучателей, показывает, что, несмотря на различные энергии излучения радиоизотопов, входящих в состав РАО, и геометрическую неоднородность источника излучения, зависимость может быть определена статистическими методами (рис. 3).

Анализ представленных на рис. 3 результатов показывает, что:

- 1) подтверждается предыдущий тезис о том, что не более 1% реально существующих на сегодня и поступающих на захоронение упаковок РАО имеют мощность дозы на поверхности более 0,5 мГр/ч;
- 2) отдельные упаковки РАО, находящиеся в границах отнесения к соответствующему классу по удельной активности размещенных в них отходов, не смогут быть переданы на



▲ — зона характеристик упаковок РАО, при которых их прием на захоронение невозможен по нормативным ограничениям

Рис. 3. Зависимость фактически наблюдаемых величин мощности дозы на поверхности принимаемых на захоронение упаковок РАО (мкГр/ч) от удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в составе РАО и имеющиеся нормативные ограничения

захоронение, так как мощность дозы на поверхности упаковки может превысить установленную для соответствующего класса РАО по НП-093-14 (напомним, она составляет 10 мГр/ч для 3 класса и 2 мГр/ч для 4 класса). На рисунке эти зоны параметров показаны прямоугольными треугольниками с красной заливкой.

Сказанное выше означает, что с развитием технологий концентрирования радионуклидов в составе РАО при их подготовке к передаче на захоронение, направленных предприятиями — источниками образования РАО на сокращение объемов РАО, возникнет ситуация, при которой прием отдельных видов РАО станет невозможен из-за встречных ограничений двух действующих на сегодняшний день нормативных правовых актов — ППРФ 1069 и НП-093-14.

Если в отношении РАО 4 класса проблема легко решается за счет выбора для таких отходов контейнеров с большей толщиной биологической защиты (например, вместо КМЗ можно применить НЗК-МР или аналогичные, рис. 3), то для РАО 3 класса, имеющих удельную активность от 10^6 до 10^7 Бк/г, и радионуклидный состав которых представлен изотопами с высокой энергией излучения (например, ^{60}Co), потребуется специальное решение. В России в настоящее время нет сертифицированных для захоронения контейнеров, в которые можно было бы разместить такие РАО, чтобы мощность дозы на их поверхности не превышала 10 мГр/час, следовательно, указанные контейнеры должны быть разработаны в ближайшее время. При

разработке этих контейнеров, для обеспечения возможности их приема в ПЗРО, должны использоваться параметры реализованных и проектируемых в настоящее время Национальным оператором транспортно-технологических схем ППЗРО [6–8].

Следует отметить, что замена контейнера на более толстостенный всегда ведет к удорожанию захоронения РАО. Это происходит по двум независимым друг от друга причинам:

- толстостенные контейнеры стоят дороже, чем тонкостенные;
- тарифы на захоронение РАО установлены по объему упаковок РАО, и, как следствие, поставщику придется сдавать на захоронение толстостенную биологическую защиту по цене РАО 3 класса.

В конечном итоге возросшая суммарная стоимость кондиционирования, упаковки и захоронения может превысить преимущества, которые предприятие-поставщик рассчитывало извлечь за счет концентрирования радионуклидов в составе РАО при их переработке.

Значительно более низкая мощность дозы от фактически поступающих на захоронение РАО по отношению к проектной серьезно повлияла на дозовые нагрузки на персонал ППЗРО — так, дозы всего персонала в годовом выражении не превысили 1/4 от установленного допустимого предела дозового воздействия для персонала соответствующих групп (А, Б).

Представленные в статье сведения могут и будут использоваться ФГУП «НО РАО» при проектировании следующих ППЗРО, размещенных

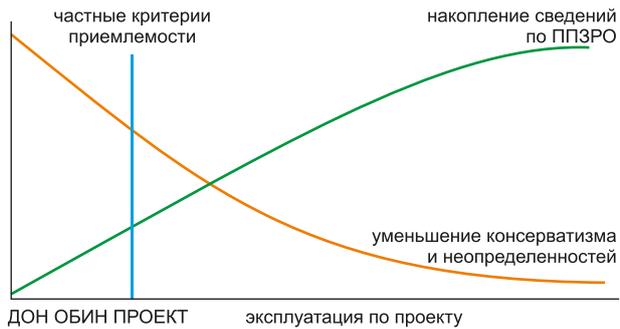


Рис. 4. Иллюстрация динамики накопления сведений о ППЗРО и снижения консерватизма и неопределенностей в обосновании его безопасности [9]

в ЗАТО г. Озерск и ЗАТО г. Северск. При этом использование этих сведений для смягчения критериев приемлемости РАО для их захоронения в 1-й очереди ППЗРО в ЗАТО г. Новоуральск невозможно по причинам, рассмотренным ниже.

Как уже упоминалось, в соответствии с требованиями действующих нормативных правовых актов, критерии приемлемости РАО для захоронения в конкретном ППЗРО должны быть обоснованы в проектной документации такого объекта [2, 3]. Вместе с тем известно, что получение информации об объекте не прекращается после его проектирования. Значительные объемы данных (в том числе способных повлиять на безопасность объекта и ее обоснование) накапливаются при эксплуатации ППЗРО. Схематично данная ситуация представлена на рис. 4.

При эксплуатации происходит снижение консерватизма и неопределенности в обосновании безопасности ППЗРО. Однако в действующих нормативных правовых актах не предусмотрен механизм, позволяющий пересматривать критерии приемлемости без внесения изменений в проектную документацию, а такое внесение для завершеного строительством объекта предусматривается в настоящее время только путем проведения реконструкции и/или модернизации.

Решением возникающей проблемы ужесточенных на этапе проектирования критериев приемлемости, которые приводят к увеличению стоимости объектов и необоснованным затратам предприятий, сдающих РАО на захоронение, могла бы стать возможность обоснования критериев приемлемости как в проектной, так и в эксплуатационной документации (например, в технологическом регламенте) с учетом опыта, накопленного при эксплуатации ППЗРО.

Также в ходе первых лет эксплуатации ППЗРО проверена реальная эффективность заполнения полезного объема хранилища ППЗРО. В соответствии с проектом полезный объем хранилища должен был достигать 70% от фактического (строительного) объема [6]. Столь невысокое значение вызвано тем фактом, что в ПЗРО могут поступать упаковки РАО с различными

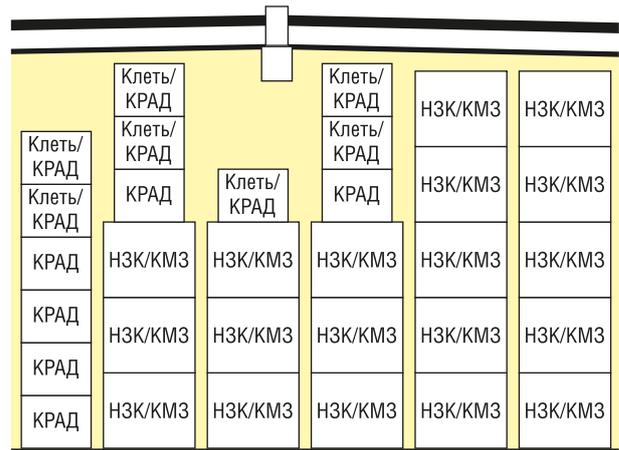


Рис. 5. Выдержка из схемы расстановки упаковок РАО на ППЗРО (желтым цветом показан паразитный неиспользуемый объем хранилища)

массогабаритными и прочностными характеристиками, расстановка которых по требованиям безопасности возможна лишь несколькими строго определенными способами [6] (рис. 5).

Для справки: в настоящее время проектом 1-й очереди ППЗРО предусмотрен прием 5 различных наиболее распространенных типов упаковок по массогабаритным и прочностным характеристикам (НЗК-150/1,5П, НЗК-РАДОН (МР), КМЗ, КРАД-1,36, клеть с 4 бочками по 200 л), тогда как временный перечень Госкорпорации «Росатом» включает более 20 типов упаковок.

На практике с трудом удастся достигнуть и этого, сравнительно невысокого, значения показателя полезного использования, так как годовую программу приема РАО определяют поступающие Национальному оператору заявки на прием РАО на захоронение, которые не соответствуют потребностям производственной деятельности по эффективному размещению РАО в хранилище.

При этом неиспользованные полезные объемы, в соответствии с требованиями действующих норм и правил в области использования атомной энергии [10] и проекта ППЗРО, подлежат заполнению специальным буферным материалом.

Список контейнеров для изготовления упаковок РАО, которые Национальный оператор обязан принимать на захоронение, постоянно расширяется, однако дополняемые в него контейнеры на практике ведут к усложнению транспортно-технологических схем ППЗРО, так как РАО одних и тех же классов и морфологии могут поступать в различных по массогабаритным характеристикам упаковках. Как уже упоминалось выше, такое разнообразие контейнеров заставляет отказываться от применения универсальных автоматических грузозахватных приспособлений и делает необходимым участие персонала в строповке упаковок РАО на ППЗРО.

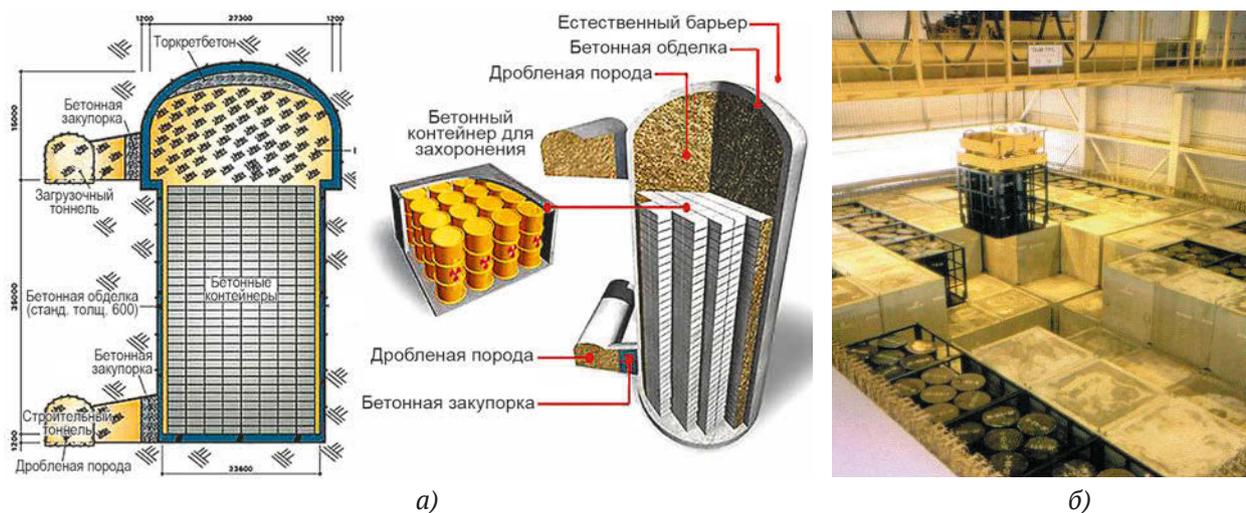


Рис. 6. Использование типизированных контейнеров при захоронении РАО: а) Корея [11]; б) Испания [12]

Указанный процесс приводит к росту удельной стоимости захоронения из-за недоиспользования полезного объема хранилищ ППЗРО и необходимости заполнения неиспользованного объема глинистыми материалами, обладающими специальными свойствами (набухание, сорбционные свойства и др.).

Таким образом, первые годы эксплуатации ППЗРО показывают, что существенным фактором, влияющим на производительность и эффективное размещение РАО в ППЗРО, является высокое разнообразие сертифицированных в России для захоронения контейнеров. При этом современный парк контейнеров, как показано в настоящей статье, не обладает необходимой для захоронения всех типов РАО номенклатурой.

В данных условиях целесообразно использование опыта других стран с развитой атомной энергетикой. Например, в Корее используется всего один типоразмер контейнеров для захоронения РАО (рис. 6а), а в Испании — два вида: для среднеактивных (железобетонные контейнеры) и низкоактивных (клетки с бочками) РАО, в одном и том же типоразмере (рис. 6б). Аналогично стандартизованы упаковки для захоронения РАО и во многих других странах.

Подход к унификации контейнеров для захоронения позволяет указанным странам достигнуть более чем 90-процентного заполнения полезного объема хранилищ, в результате чего экономическая эффективность проектов захоронения выше на 25—30%, что весьма существенно сказывается на стоимости всех национальных программ захоронения РАО. Кроме этого, унифицированные типоразмеры специализированных контейнеров для захоронения позволяют:

- производить штабелирование упаковок РАО с использованием автоматических грузозахватных приспособлений, что положительно влияет на эксплуатационную безопасность ППЗРО за счет исключения операций, выполняемых персоналом;

- выполнять штабелирование в большее число ярусов, что крайне благотворно влияет на экономику захоронения РАО.

Кроме этого выявлено, что повышенный консерватизм оценок безопасности, выполняемых до сооружения ППЗРО (на стадии проектирования), не может быть снижен на последующих стадиях (отсутствует механизм), что не позволяет Национальному оператору пересматривать частные критерии приемлемости на основе опыта эксплуатации.

Литература

1. Постановление Правительства РФ 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» (ред. от 04.02.2015).
2. Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 02.07.2013).
3. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2014 № 572 «Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения» (ред. от 17.11.2017, вместе с НП-093-14. «Федеральные нормы и правила...»).
4. Публикация URA.RU: <https://www.youtube.com/watch?v=xQXZYtrx2Q>.
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» (в ред. от 16.09.2013, вместе с СП 2.6.1.2612-10. ОСПОРБ-99/2010. «Санитарные правила и нормативы...»).

6. Приказ Ростехнадзора от 22.08.2014 № 379 «Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности» (вместе с НП-055-14. «Федеральные нормы и правила...»).
7. Материалы обоснования лицензии на эксплуатацию первой очереди стационарного объекта, предназначенного для захоронения радиоактивных отходов — приповерхностного пункта захоронения твердых радиоактивных отходов, отделения «Новоуральское» филиала «Северский» ФГУП «НО РАО». URL: www.norao.ru.
8. Материалы обоснования лицензии на сооружение (реконструкцию) пункта хранения радиоактивных отходов, предназначенного для захоронения радиоактивных отходов, отделения «Новоуральское» филиала «Северский» ФГУП «НО РАО». URL: www.norao.ru.
9. Материалы обоснования лицензии на размещение и сооружение приповерхностного пункта захоронения твердых радиоактивных отходов 3 и 4 классов, Челябинская область, Озерский городской округ. URL: www.norao.ru.
10. *Пронь И. А.* Основные подходы к установлению критериев приемлемости и практический опыт захоронения РАО // 12-я школа-семинар «Организационное и правовое обеспечение двух систем: СГУК РВ и РАО и ЕГС РАО». — 3–8 сентября 2018 г., Сочи.
11. <https://www.korad.or.kr/korad/eng/>
12. <http://www.enresa.es/eng/index/activities-and-projects/el-cabril>

Информация об авторах

Пронь Игорь Александрович, заместитель генерального директора, Федеральное государственное унитарное предприятие «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (119017, Москва, ул. Пятницкая, д. 49А, стр. 2), e-mail: iapron@norao.ru.

Коновалов Владимир Юрьевич, начальник управления по ядерной и радиационной безопасности и эксплуатации, Федеральное государственное унитарное предприятие «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (119017, Москва, ул. Пятницкая, д. 49А, стр. 2), e-mail: vykonovalov@norao.ru.

Библиографическое описание статьи

Пронь И. А., Коновалов В. Ю. Опыт эксплуатации приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 классов // Радиоактивные отходы. — 2018. — № 4(5). — С. 8–14.

THE NEAR-SURFACE DISPOSAL FACILITIES OF RADIOACTIVE WASTE: OPERATIONAL EXPERIENCE

Pron I. A., Kononov V. Y.

The Federal State Unitary Enterprise «National Operator for Radioactive Waste Management»

Article received 23 October 2018

The results of present operation of near surface disposal facility as well as the analysis of dose rate measurement range for the radioactive waste package are given. The features of waste acceptance criteria of exact near surface disposal establishment are noted. The issues of spread range different size and characteristics of containers for radioactive waste disposal are marked.

Keywords: *radioactive waste, near-surface disposal facility, waste acceptance criteria, container for radioactive waste, radioactive waste package, dose rate.*

References

1. Order of the Government of the Russian Federation of December 19, 2012 No 1069 "About criteria of reference of solid, liquid and gaseous waste to radioactive waste, criteria of reference of radioactive waste to special radioactive waste and to the deleted radioactive waste and criteria of classification of the deleted radioactive waste". (In Russian).
2. Federal Law of July 11, 2011 No 190-FZ "On Management of Radioactive Waste and Amendment of some acts of Law of the Russian Federation". (In Russian).
3. Federal Standards and Rules in the Field of Atomic Energy Use "Criteria for Accepting Radioactive Waste for Disposal". NP-093-14. (In Russian).
4. The publication URA.RU: <https://www.youtube.com/watch?v=xQXZYtrx2Q>. (In Russian).
5. Basic sanitary rules of radiation safety (OS-PORB-99/2010). (In Russian).
6. Ecological safety report justifying the license for the operation of the first stage of near surface disposal facility, the Novouralskye department of the Seversky branch of FSUE NO RAO. Available at: www.norao.ru. (In Russian).
7. Ecological safety report justifying the license for construction (reconstruction) of near surface disposal facility, the Novouralskye department of the Seversky branch of FSUE NO RAO. Available at: www.norao.ru. (In Russian).
8. Ecological safety report justifying the license for siting and construction of near surface disposal facility, the Cheliabinskaya obl., Ozersk. Available at: www.norao.ru. (In Russian).
9. Pron I. A. Basic approaches to the waste acceptance criteria establishment and experience in the field of radioactive waste disposal. *The 12th school-seminar "Organizational and legal support of two systems: SSU RV and RW and EGS RW"*. 3–8 September 2018, Sochi.
10. <https://www.korad.or.kr/korad/eng/>.
11. <http://www.enresa.es/eng/index/activities-and-projects/el-cabril>.

Information about authors

Pron Igor Aleksandrovich, Deputy General Director for Operations, The Federal State Unitary Enterprise «National Operator for Radioactive Waste Management» (49A bld.2, Pyatnitskaya st., Moscow, 119017, Russian Federation), e-mail: iapron@norao.ru.

Konovalov Vladimir Yurevich, Head of Nuclear and Radiation Safety and Operation Department, The Federal State Unitary Enterprise «National Operator for Radioactive Waste Management» (49A bld.2, Pyatnitskaya st., Moscow, 119017, Russian Federation), e-mail: vykonovalov@norao.ru.

Bibliographic description

Pron I. A., Konovalov V. Y. The Near-Surface Disposal Facilities of Radioactive Waste: Operational Experience. *Radioactive Waste*, 2018, no. 4 (5), pp. 8–14. (In Russian).