

Планы Российской Федерации по созданию объектов приповерхностного захоронения РАО

Д.В.Козырев, генеральный директор ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО»

Введение

На ближайшую перспективу в Российской Федерации планируется масштабное развитие атомной энергетики. В 2008г правительством принята Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года [1]. Определены масштабы развития атомных станций (АЭС), предусматривается нарастание темпов ввода блоков - от одного блока в год с 2009 г. до 3-х блоков в год с 2015 г. Дополнительно планируется ввод блоков малой мощности с 2017г. В базовом варианте планируется ввести в эксплуатацию 32,3 ГВт установленной мощности АЭС.

В Программе развития атомной отрасли, утвержденной Президентом Российской Федерации 8 июня 2006 года, поставлена задача формирования системы государственных гарантий безопасности при использовании атомной энергии, прежде всего, за счет совершенствования ядерной, радиационной и экологической безопасности.

Принципиальным условием выполнения этой задачи является создание эффективной системы безопасного обращения с радиоактивными отходами (РАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ).

До настоящего времени общепринятой практикой обращения со всеми образующимися радиоактивными отходами в России в течение длительного времени являлось контролируемое временное хранение - так называемое «отложенное решение». Это привело к накоплению значительных объемов радиоактивных отходов во всех регионах России. Радиоактивные отходы размещаются в 33 регионах Российской Федерации на 69 предприятиях в 1170 временных хранилищах различного типа. В Европейской части РФ отходы накоплены в 21 регионе на 42 предприятиях, на Урале – в 3 регионах на 10 предприятиях, в Сибири – в 5 регионах на 10 предприятиях и на 7 предприятиях Дальнего Востока

Общее количество накопленных РАО оцениваются цифрами:

- жидких радиоактивных отходов (ЖРО) - 477 млн. куб. м;
- твердых (ТРО) и отвержденных РАО - 77 млн. т

Создание инфраструктуры безопасного обращения с РАО, ориентированной на их окончательную изоляцию, является фундаментальной задачей Федерального государственного унитарного предприятия «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО», объединившего в своей структуре в качестве филиалов 15 специализированных комбинатов системы «РАДОН».

В России существует сеть субъектов, которые занимаются той или иной деятельностью по обращению с радиоактивными отходами. Для филиалов ФГУП «РосРАО» - специализированных комбинатов системы «РАДОН» - эта функция является основной. На комбинатах, обслуживающих предприятия и организации неядерного сектора по территориальному принципу, размещены около 300 000 м³ РАО – низкой и средней активности, а также отработавшие источники излучения. Преобладающая часть отходов (280000 м³) хранится на Московском и Ленинградском пунктах хранения радиоактивных отходов (ПХРО). На каждом из остальных предприятий размещено от 1000 до 6000 м³ отходов. Переработка РАО осуществляется только на Московском и Ленинградском специализированных комбинатах.

По отношению к суммарному объему радиоактивных отходов, накопленных в России, спецкомбинаты «РАДОН» имеют дело со сравнительно небольшим количеством РАО, но спектр поставщиков отходов очень широк, их число колеблется от нескольких сот до нескольких тысяч, в зависимости от региона. Подавляющее большинство отходов,

поступающие на специализированные комбинаты, а также низко- и среднеактивные отходы атомных станций – короткоживущие (содержание долгоживущих радиоизотопов ограничено нормативами).

Решение проблемы обращения с радиоактивными отходами, с учетом необходимости вывода объектов из эксплуатации, предполагает создание сети объектов их окончательной изоляции. В свою очередь, переход к окончательной изоляции РАО требует законодательного закрепления и дальнейшего совершенствования нормативно-правовой базы.

Переход от длительного хранения РАО к их захоронению

Проблема накопления РАО в России пока еще решается за счет продления срока службы старых хранилищ с повышением их изолирующих свойств. Для вновь образующихся РАО – за счет использования новых технологических решений, которые позволяют минимизировать количество отходов и сократить строительство дополнительных хранилищ. Однако, как показывает мировая и отечественная практика, на долгосрочный период контролируемое хранение радиоактивных отходов, приводящее их накоплению, **не является приемлемой стратегией.**

Этот путь не ведет к окончательному безопасному решению проблемы, а только затягивает в постоянные непроизводительные затраты без ясной перспективы.

При таком подходе объем затрат на обеспечение безопасности при обращении с РАО увеличивается во времени, а ответственность за реальные действия передается будущим поколениям.

Справка:

Стоимость хранения РАО в наземном хранилище по укрупненным оценкам составляет около \$ 2000 / м³. При увеличении срока хранения РАО в наземных сооружениях до 100 лет стоимость хранения даже без учета возможной переупаковки составит - \$ 3000/м³

В то же время зарубежный опыт показывает, что затраты на реализацию окончательной изоляции низко и среднеактивных отходов на объектах их изоляции приповерхностного типа составляет в среднем \$ 1500/м³ [The Economics of the Nuclear Fuel Cycle (1994), Nuclear Energy Agence, France]

На графике условно показаны затраты на хранение и окончательную изоляцию 1 м³ РАО, и тенденции их роста в зависимости от времени хранения (данные получены по экспертным оценкам ГК Росатом) [2].

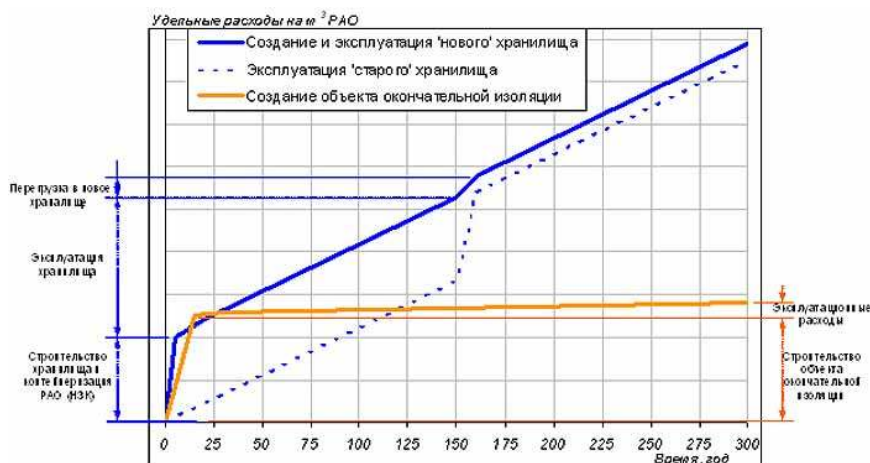


Рис. 1. Сравнительная оценка затрат на длительное хранение и окончательную изоляцию РАО, для которых в соответствии с НПП-055-04, допускается приповерхностное захоронение

Приведенные данные показывают, что стоимость современных хранилищ РАО не ниже, а на период сохранения отходами потенциальной опасности значительно выше, стоимости изоляции в специально создаваемых сооружениях. Благодаря исключению стадии длительного хранения отходов значительно повышается экономическая эффективность всего заключительного этапа. Это подтверждается опытом работ по обращению с РАО многих высокоразвитых стран, где осуществляется окончательная изоляция РАО: Великобритании (Дриг), Испании (ЕльКабрил), Франции (Центр Аюбе), Японии (Роккашо Мура) и др. [3]

Таким образом альтернативой длительному хранению РАО является их окончательная изоляция, позволяющая уменьшить суммарные затраты на весь цикл обращения с РАО, при том что риски возникновения аварий и негативного воздействия РАО на человека и окружающую среду снижаются в 2-3 раза

Единая система обращение с радиоактивными отходами

В мировой практике убеждение в том, что обращение с РАО требует специальной государственной политики, начало формироваться в 70-х годах прошлого века. В настоящее время этот факт общепризнан и зафиксирован в согласованных на международном уровне документах МАГАТЭ. Задачей государства, по существу является создание работоспособной системы четко определенных и жестко взаимосвязанных стимулов, ограничений, механизмов и инструментов достижения основной цели обращения с РАО - обеспечения гарантий безопасности человека и окружающей среды без возложения ответственности за результаты нынешней деятельности на будущие поколения [4].

В России для формирования системы обращения с РАО есть все принципиальные предпосылки - научно-технический потенциал, многолетний производственный опыт, активное внедрение стандартов МАГАТЭ, концептуальные разработки.

Программа развития атомного энергопромышленного комплекса Российской Федерации предусматривает создание Единой государственной системы обращения с РАО (ЕГС РО), инновационным условием которой является изменение существующего концептуального подхода к завершающему этапу обращения с РАО: основным способом изоляции должно быть не длительное хранение, а окончательное захоронение без извлечения.

Структура ЕГС РО приведена на рис.2 [5]:

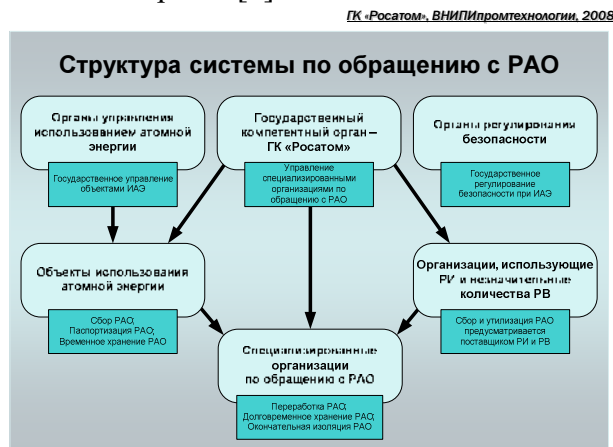


Рис 2 Структура единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами

Основы технической политики, направленной на эффективное решение проблемы окончательной изоляции радиоактивных отходов можно сформулировать следующим образом:

- изменение существующего концептуального подхода к изоляции отходов;
- минимизация количества приповерхностных хранилищ РАО на предприятиях;
- использование территорий, прилегающих к предприятиям – источникам образования и накопления **больших объемов РАО**, имеющим опыт обращения с ними, для создания

локальных могильников РАО, с использованием существующей инфраструктуры объектов, выводимых из эксплуатации;

- использование унифицированных технологий при подготовке РАО к захоронению и создании объектов их окончательной изоляции и типовых концептов хранилищ;
- доработка нормативно-правовой базы.

Переход к окончательной изоляции РАО требует законодательного закрепления.

Главным системообразующим актом, призванным определить дальнейший путь развития и совершенствования атомной отрасли России в области обращения с РАО, должен стать федеральный закон «Об обращении с радиоактивными отходами».

Целью законопроекта является формирование правовых механизмов эффективного функционирования единой системы обращения с РАО в Российской Федерации, обеспечивающих [6]:

- создание условий, соответствующих принципам устойчивого развития общества и при которых на всех стадиях обращения с РАО обеспечивается защита здоровья человека и охрана окружающей среды, и бремя ответственности по обращению с РАО не перекладывается на будущие поколения;
- снижение риска несанкционированного использования РАО, включая их использование в террористических целях;
- предотвращение аварий с радиологическими последствиями на любой стадии обращения с радиоактивными отходами;
- устойчивое финансирование работ при обращении с РАО.

При разработке законопроекта не ставилась задача смягчения или упрощения требований безопасности. Задачи у закона другие - создать правовые инструменты принуждения производителей РАО к их обязательной безопасной окончательной изоляции и зафиксировать обязательств государства в отношении всех накопленных РАО и его конечной ответственности в целом.

Законопроект «Об обращении с РАО» фиксирует исключительные полномочия Российской Федерации как собственника РАО и всех объектов долговременного хранения и окончательной изоляции РАО. Деятельность по обращению с накопленными РАО, вплоть до окончательной изоляции, относится к расходным обязательствам Российской Федерации.

Ратификация Объединенной конвенции по обращению с отработавшим топливом и обращению с радиоактивными отходами, вступившей силу на территории РФ 19 апреля 2006 , обязывает к дальнейшему совершенствованию системы нормативного регулирования в области обращения с радиоактивными отходами. В частности, в области обращения с радиоактивными отходами от предыдущей деятельности требуется обеспечение выполнения таких важных принципов, как защита будущих поколений и не перекладывание бремени ответственности на будущие поколения.

Необходимость решения проблем по выводу из эксплуатации ядерных объектов, окончательной изоляции РАО, реабилитации загрязненных территорий требует дальнейшего совершенствования классификации РАО, в том числе по способу их захоронения. Установленную нормативными документами РФ классификацию РАО по удельной активности, нельзя считать безупречной, т.к. она определяет способы обращения с радиоактивными отходами, но практически не ориентирована на их захоронение. В нормативных документах РФ не в полной мере отражены положения, относящиеся к выведению веществ (материалов) из сферы регулирования безопасности, не установлены соответствующие обоснованные критерии (clearance levels) [7]; имеет место дублирование требований в документах различного уровня.

Введение закона об обращении с РАО позволит перейти к качественно другим принципам категорирования РАО (долго- и короткоживущие) и ввести новую категорию отходов – слабо активные (условно радиоактивные) РАО.

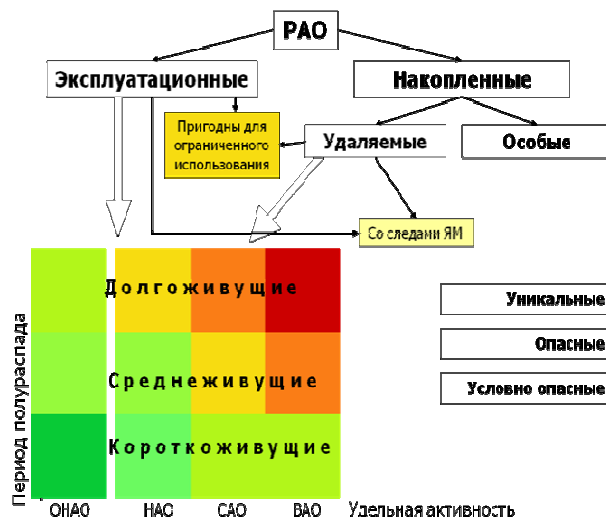


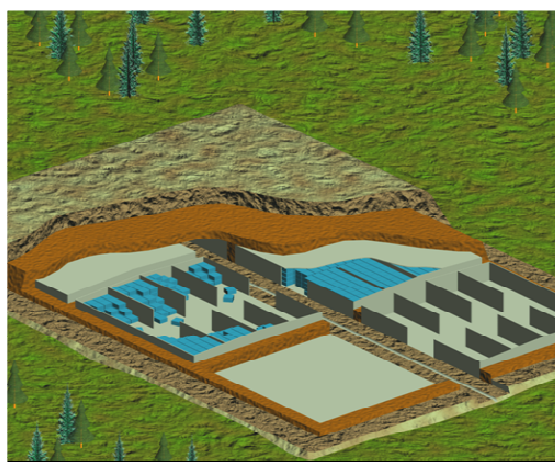
Рис 3 Классификация РАО с точки зрения их окончательной изоляции [8]

Эксплуатационные и удаляемые накопленные РАО классифицируются по общей схеме в которой выделены три группы активности и три группы по периодам полураспада. Предполагается и более тонкая структура, а также отдельные классификационные подгруппы. Их описание и граничные уровни предполагается вынести за рамки закона, закрепив это в специальных подзаконных актах.

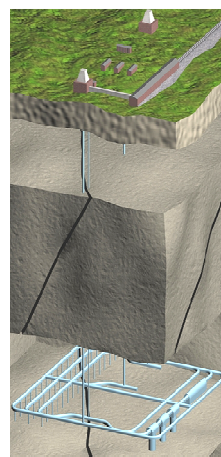
В части нижней границы необходимо устранение противоречий между гигиеническими требованиями и требованиями безопасности технологий.

Выбор места и площадки захоронения и типа объекта изоляции РАО

В зависимости от периода потенциальной опасности и характеристик кондиционированных отходов окончательная изоляция РАО осуществляется на объектах приповерхностного (наземные и заглубленные) либо подземного типа (захоронения глубокого заложения, размещаемые на глубине нескольких сотен метров).



приповерхностный



подземный (в геологических формациях)

Рис 4. Типы захоронений радиоактивных отходов

Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов определяется действующими нормативными документами [9] как захоронение РАО в сооружения, размещаемые на поверхности земли и (или) на глубине от нескольких метров до ста метров.

Приповерхностные объекты изоляции РАО предназначены для захоронения твердых и отвержденных короткоживущих отходов (с ограниченным содержанием долгоживущих радионуклидов), срок потенциальной опасности которых сопоставим с продолжительностью функционирования инженерных барьеров системы захоронения

Под сроком потенциальной опасности здесь понимается отрезок времени, по истечении которого удельная активность радионуклидов снизится до уровней, при которых отходы (как техногенный источник облучения) могут быть выведены из-под действия норм радиационной безопасности, сняты с контроля и подлежат неограниченному обращению

В мировой практике объекты изоляции низко- и среднеактивных РАО эволюционировали от простых слабозаглубленных сооружений к сложным инженерным сооружениям, размещаемых на глубине нескольких десятков метров. В качестве вмещающих пород используются скальные породы, соляные формации и залежи глин. Изменения в конструкциях сооружений связаны с техническими достижениями в области захоронения отходов и возросшей обеспокоенностью общественности. Общая тенденция заключается в том, что при захоронении все больше полагаются на многобарьерные инженерные системы, обеспечивающие надежную локализацию радионуклидов [10].

В качестве инженерных барьеров используются матричные материалы (иммобилизация РАО), стенки контейнеров, буферные материалы; строительные конструкции сооружений; изолирующие экраны и т.п. Их количество и назначение определяются с учетом результатов исследований свойств материалов барьеров и прогнозной оценки безопасности системы захоронения РАО.

Естественные барьеры приповерхностного хранилища РАО должны ограничивать контакт подземных вод с инженерными барьерами и распространение радионуклидов в ближнюю зону хранилища при нарушении целостности инженерных барьеров.

В промышленном масштабе приповерхностное захоронение низко- и среднеактивных РАО реализовано в ряде стран Европы (Швеция, Финляндия, Германия, Франция, Испания, Великобритания) и в Японии.

В качестве примеров действующих приповерхностных объектов окончательной изоляции РАО можно привести следующие:

Наземные:

- Великобритания – Дригг в Уэльсе, управляется BNFL (только для LLW).
- Испания – ЭльКабрил, управляется ENRESA
- Франция – Центр Аюбе, управляется Andra
- Япония – Роккасе Мура, управляется JNFL.

Приповерхностные захоронения в пещерах ниже уровня земли:

- Швеция - Форсмарк, 50 метров под дном Балтийского моря
- Финляндия – на АЭС Олкилуото и Ловииса, где глубина каждого захоронения составляет около 100 метров.

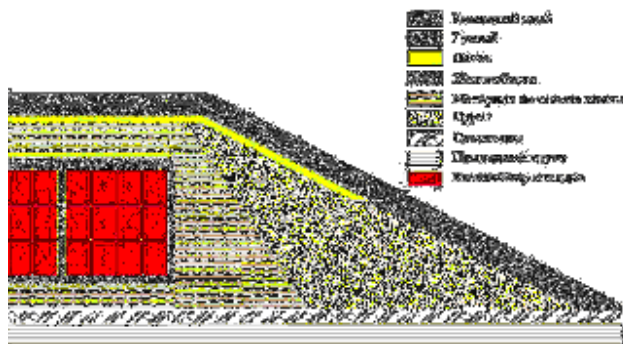


Рис.5 Поперечный разрез секции захоронения приповерхностного объекта изоляции РАО, рассматриваемого для захоронения РАО Игналинской АЭС

Важное место при создании сооружений по окончательной изоляции РАО занимает разработка **критериев приемлемости** радиоактивных отходов для их долговременного хранения и окончательного захоронения, **как обязательных для исполнения требований** к формам, контейнерам и упаковкам радиоактивных отходов, определяющие приемлемость размещения радиоактивных отходов в объекте долговременного хранения или объекте окончательной изоляции. Радиоактивные отходы, направляемые на захоронение в хранилище, размещенное на **конкретной площадке**, должны соответствовать критериям приемлемости РАО для их захоронения, **установленным для данного хранилища**. Эти критерии основываются на результатах оценки безопасности системы захоронения РАО с учетом характеристик площадки, особенностей проекта хранилища и характеристик упаковки РАО.

Для размещения пунктов захоронения РАО установлена система требований и рекомендаций, направленных на обеспечение приемлемого уровня безопасности при решении вопросов захоронения РАО, в том числе [7]:

- требования к основным характеристикам формы РАО;
- требования к контейнерам РАО;
- требования к упаковкам РАО;
- рекомендации по допустимому радионуклидному составу и содержанию радионуклидов в приповерхностных хранилищах;
- рекомендации по сфере применимости характеристик РАО для установления критериев приемлемости кондиционированных РАО для их захоронения;
- требования к площадке размещения пункта захоронения РАО;
- требования и рекомендации по прогнозным расчетам для оценки безопасности пункта захоронения РАО.

Рекомендации по установлению критериев приемлемости кондиционированных радиоактивных отходов для их хранения и захоронения представлены в руководстве по безопасности РБ-023-02, введенном в действие с 01.03.2002. В данном документе критерии приемлемости упаковок РАО регламентированы исчерпывающе в части перечня критериев [3].

Важной вехой в формировании нормативной базы по обеспечению безопасности при захоронении РАО, является введение (05.01.2005) федеральных норм и правил НП-055-04, дополнивших этот перечень количественным критерием (классификацией РАО по способам захоронения), ограничивающим удельную активность долгоживущих радионуклидов в короткоживущих РАО для приповерхностного захоронения.

Допустимое содержание радионуклидов в РАО, допустимых к размещению в приповерхностных пунктах захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) [2,1], приведено в таблице:

Радионуклиды	Активность, Бк/куб.м (Бк/г)
Радионуклиды с периодом полураспада менее 5 лет	не ограничена
H3	не ограничена
C-14	$3,0 \times 10^{11}$ Бк/куб.м
C-14 в активированном металле	$3,0 \times 10^{12}$ Бк/куб.м
Ni-59 в активированном металле	$8,1 \times 10^{12}$ Бк/куб.м
Co-60	не ограничена
Ni-63	$2,6 \times 10^{13}$ Бк/куб.м
Ni-63 в активированном металле	$2,6 \times 10^{14}$ Бк/куб.м

Sr-90	$2,6 \times 10^{14}$ Бк/куб.м
Nb-94 в активированном металле	$7,4 \times 10^9$ Бк/куб.м
Cs-137	$1,7 \times 10^{14}$ Бк/куб.м
Tc-99	$1,1 \times 10^{11}$ Бк/куб.м
I-129	$3,0 \times 10^9$ Бк/куб.м
Pu-241	$1,3 \times 10^5$ Бк/г
Cm-242	$7,4 \times 10^5$ Бк/г
Уран и трансурановые альфа- радионуклиды с периодом более 5 лет	$3,7 \times 10^3$ Бк/г
<i>Для отходов, содержащих смесь радионуклидов, общая концентрация определяется как "сумма долей" путем деления концентрации каждого нуклида на соответствующую допустимую концентрацию. Сумма долей не должна превышать 1,0.</i> <i>Если РАО не содержат радионуклидов, приведенных в таблице, эти отходы относятся к категории, для которой нет ограничения на приповерхностное захоронение.</i> <i>Верхнее (консервативное) значение $3,7 \times 10^3$ Бк/г для урана и трансурановых альфа-излучателей с периодом полураспада больше 5 лет допускается для отдельных упаковок РАО при условии, что в среднем в ПЗРО их удельная активность не превысит 370 Бк/г.</i>	

Радиоактивные отходы, содержащие радионуклиды в количестве, превышающем указанные в данной таблице пределы, должны захораниваться в ПЗРО глубокого заложения.

Таким образом, приповерхностному захоронению подлежат короткоживущие (содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее 30 лет, а также Cs-137) низко-, средне- и высокоактивные радиоактивные отходы с ограниченным содержанием долгоживущих (с периодом полураспада более 30 лет) радионуклидов. Максимальная удельная активность альфа – излучателей (урана, трансурановых элементов и др.) с периодом полураспада более 5 лет в отдельных упаковках РАО (ячейках захоронения РАО) не должна превышать $3,7 \cdot 10^3$ Бк/г при условии, что в среднем по хранилищу их удельная активность не превышает 370 Бк/г.

В Российской Федерации накоплен уникальный, более чем полувековой опыт по обращению и окончательной подземной изоляции жидких отходов. Вместе с тем, вопросы окончательной изоляции твердых и отвержденных РАО детально не прорабатывались, работы в этой области пока еще не вышли за рамки технико-экономических исследований и отдельных проектов.

Выбор способа захоронения и типа и конструкции объекта изоляции определяется потенциальной опасностью радионуклидов содержащихся в РАО, геолого-гидрогеологическими характеристиками площадки, государственной стратегией в области обращения с РАО, а также социальными, экономическими и политическими факторами.

Объекты приповерхностного захоронения РАО, например, могут сооружаться в высокопроницаемых грунтах зоны аэрации (пески, песчаники, супесь), в низкопроницаемых грунтах (глины, суглинки, скальные породы, каменная соль), а также в многолетнемерзлых грунтах. Наиболее приемлемыми для их сооружения являются низкопроницаемые горные породы, приуроченные к геологическим блокам с несложным и однородным геологическим строением.

Практически во всех европейских странах принят принцип централизованного захоронения радиоактивных отходов. Это обусловлено относительно небольшими

территориями этих стран и высокой плотностью населения, что существенно ограничивает выбор места и способа захоронения [10].

Сложившийся в России региональный подход к выбору участков, пригодных для окончательной изоляции РАО, предполагает приближение мест захоронения к источникам образования отходов.

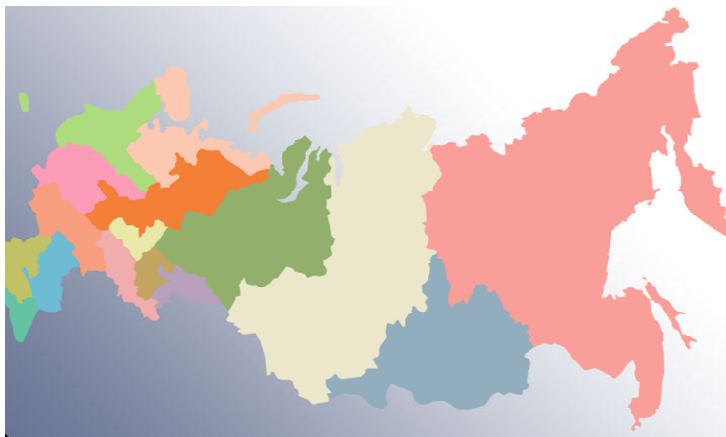


Рис. 6 Генеральный план размещения объектов изоляции накопленных РАО (на карте указаны зоны обслуживания)

Работы по выбору площадок для размещения объектов изоляции РАО проводят поэтапно по принципу «от общего к частному» - от определения перспективных для захоронения РАО участков - до отбора приемлемых в соответствии с набором критериев площадок и их сравнительного анализа. На каждом этапе проводится соответствующий масштабам и направлениям исследований комплекс инженерных изысканий, по результатам которых часть выбранных площадок может быть отклонена [11].

При оценке различных площадок, пригодных для окончательной изоляции РАО учитываются такие критерии как:

- условия транспортировки отходов,
- экономико-географические условия в регионе,
- наличие пригодной геологической формации
- объемы собственных отходов,
- наличие свободных сооружений,
- наличие квалифицированных кадров.

Оптимизация затрат при оценке возможности строительства объектов окончательной изоляции РАО может быть обеспечена также за счет использования типовых элементов системы захоронения.

В условиях реализации стратегии долговременного хранения РАО (отложенные решения) хранилища создавались с учетом специфики образующихся РАО для конкретных предприятий, следствием чего стало отсутствие типовых механизмов подготовки РАО к захоронению и типовых конструкций объектов окончательной изоляции

Технологии переработки и кондиционирования РАО в большинстве своем также не являются унифицированными.

Большим разнообразием видов и размеров отличаются контейнеры для транспортирования и хранения РАО, а также формообразующие упаковки, используемые для кондиционирования отходов с одинаковыми характеристиками. Широкое внедрение получила лишь одна модель железобетонных контейнеров – невозвратный защитный контейнер НЗК-150-1,5П. Однако из-за небольшой вместимости ($1,5\text{ м}^3$) его применение оправдано только для среднеактивных отходов, и экономически нецелесообразно для низкоактивных РАО [10].

.....у.....

В сложившихся условиях наличие большого количества конкурирующих способов переработки РАО и подготовки их к длительной изоляции с одной стороны, и необходимость принятия экономически эффективных решений – с другой, определяют потребность в унификации технических решений и создания на этой основе системы подготовки РАО всех типов к захоронению.

При этом следует понимать, что вопрос унификации несколько более сложен, чем это кажется на первый взгляд. Использование типовых решений, несомненно, позволит оптимизировать затраты на создание объектов изоляции, включая подготовку РАО к захоронению. Но в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфические характеристики конкретных регионов, которые будут накладывать определенные требования к привязке конкретных объектов на местности.

К тому же, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, документация на создание объекта может использоваться в качестве типовой, лишь в том случае если технические решения, заложенные при проектировании объекта, подтверждены его успешной эксплуатацией [13].

.....

Ведущими организациями в области проектирования объектов хранения и окончательной изоляции РАО являются предприятия, подведомственные Госкорпорации по атомной энергии: ФГУП ВНИПИПТ, ОАО ГИ ВНИПИЭТ, ФГУП ГСПИ и ряд других.

Силами специалистов этих предприятий выполняется комплекс работ по проектированию, оценке и поддержанию безопасности действующих хранилищ и объектов изоляции РАО, разработке системных подходов к подготовке РАО для их захоронения.

На основе анализа результатов проведенных исследований разрабатываются технические концепции заключительных этапов обращения с образующимися и накопленными РАО и обоснование критериев их приемки для окончательной изоляции, а также рекомендации по выбору и/или оптимизации технических концепций окончательной изоляции на основании эколого-экономических показателей для площадок Госкорпорации «Росатом».

Ключевым критерием при оценке места и способа захоронения радиоактивных отходов была и остается безопасность.

В современном видении, наряду с приоритетом экологической безопасности решение проблемы окончательной изоляции радиоактивных отходов предполагает минимизацию затрат заключительного этапа обращения. Это определяет необходимость экономического обоснования количества и расположения площадок при выборе мест для создания объектов окончательной изоляции РАО.

Специалистами ВНИПИПТ уже проводятся работы по оптимизации технологий подготовки РАО захоронению на основе комплексной эколого-экономической оценки рассматриваемых вариантов.

В укрупненных оценках затрат, использованных при сравнении принципиально различных способов изоляции РАО, учитываются затраты не только на создание объектов изоляции, но также затраты на транспортирование РАО к месту изоляции и загрузку их в хранилища.

Для определения объемов региональных и локальных могильников проведено условное разделение объемов накопленных РАО, с учетом предполагаемого способа их окончательной изоляции [14].

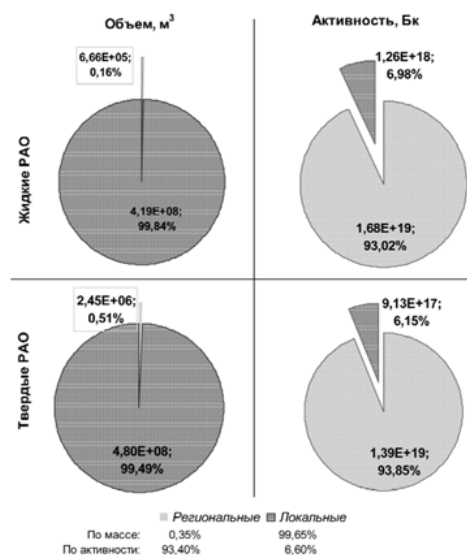


Рис.7. Классификация накопленных РАО с точки зрения окончательной изоляции.

При разработке обобщенной схемы выделяются 7 основных категорий РАО, требующих принципиально различных способов подготовки к захоронению. Показано, что применение технологий переработки для жидких РАО более эффективно (снижение общей стоимости в 2–5 раз), чем для твердых.

С использованием специально разработанного программного комплекса осуществляется оптимизация размещения объектов окончательной изоляции РАО различных типов на территории Российской Федерации выполняются прогнозные оценки экономически эффективных способов изоляции и количества площадок для их размещения.

Системный подход позволяет сделать предварительный выбор и экономическое обоснование для объектов окончательной изоляции РАО:

- **Локального типа** (в местах текущего хранения РАО, извлечение которых невозможно или экономически не целесообразно);

- **Регионального типа:**

- места размещения объектов окончательной изоляции низкоактивных РАО (приповерхностного типа);
- места размещения объектов окончательной изоляции долгоживущих РАО (глубокого заложения).

В региональных могильниках будут изолированы накопленные РАО, которые потенциально могут быть извлечены из временных хранилищ.

Анализ состояния существующих объектов накопления РАО показывает, не все типы накопленных отходов технически возможно и/или по экологическим и экономическим соображениям целесообразно извлекать из существующих хранилищ. Например, более 99% объемов РАО (более 400 млн. м³) содержится в водохранилищах (водоемы накопители и охладители) и хвостохранилищах (отвалах), представленных особо низкоактивными отходами (условно активными). Эти хранилища должны быть переведены в экологически безопасное состояние с получением статуса локальных приповерхностных могильников.

Окончательные решения по изоляции РАО еще не приняты, но на основе предварительной оценки можно сделать вывод о том, что с экономической точки зрения стратегия минимального количества мест окончательной изоляции является более выигрышной. Например, для объектов окончательной изоляции короткоживущих РАО приповерхностного заложения оптимальным является решение о создании 5-6 региональных объектов. Для изоляции отходов, содержащих долгоживущие радионуклиды, экономически эффективным является создание 1-2 могильников. Остальные объекты изоляции будут реализованы как локальные могильники.

Таким образом, систему объектов окончательной изоляции РАО в РФ будут составлять три типа объектов окончательной изоляции РАО, соответствующие всем необходимым техническим, политическим и социальным критериям:

- **федеральный** пункт захоронения долгоживущих РАО в глубоких геологических формациях (отработка условий запланирована на объекте, сооружение которого предусмотрено в Нижнеканском массиве Красноярского края);
- **региональные**, специально созданные сооружения, конкретные типы которых будут уточнены после дополнительных исследований;
- **локальные** пункты окончательной изоляции РАО приповерхностного типа, создаваемые в местах накопления значительных объемов «трудно» извлекаемых РАО.

Для укрупненной оценки **приповерхностных объектов** окончательной изоляции низкоактивных отходов рассматривались площадки, приближенные к местам образования и накопления значительных объемов РАО.

Результаты укрупненной оценки стоимости создания приповерхностных объектов окончательной изоляции РАО в зависимости от их количества приведены на диаграмме.

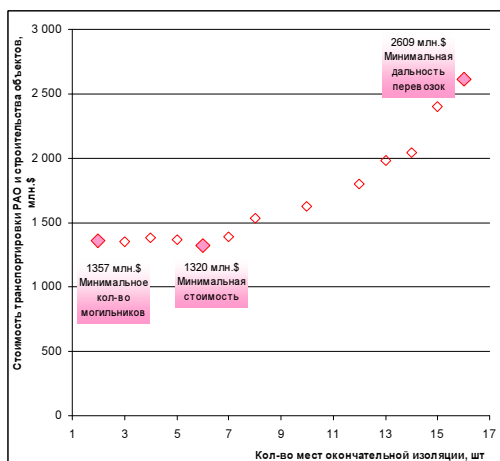


Рис 8 Оценка стоимости создания объектов окончательной изоляции РАО от их количества
Источник: ФГУП ВНИИПТ

Вместе с тем, следует учитывать, что на результат вычислений может в значительной мере повлиять удельная стоимость транспортировки РАО к местам изоляции. Так при существенном возрастании стоимости транспортировки (выше $1 \text{ \$}/\text{м}^3_{\text{РАО}} \cdot \text{км}$) экономически целесообразным становится создание объектов окончательной изоляции на каждом из предприятий, на которых образуются РАО или осуществляется их временное хранение в настоящее время (данное утверждение более применимо для отходов, захораниваемых в региональных могильниках) [3].

Важным вкладом в формирование опыта по созданию объектов окончательной изоляции низко- и среднеактивных РАО в России, является международное сотрудничество по оценке возможности создания регионального объекта приповерхностного захоронения РАО в Ленинградской области.

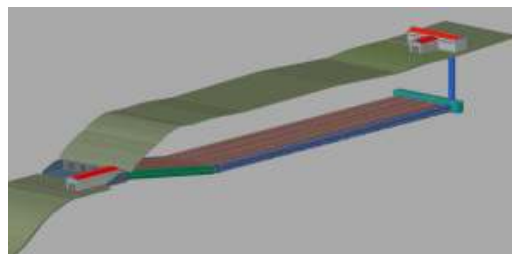
Совсем недавно, в декабре 2008г, были подведены итоги проекта TACIS R4.05/04 «Концепция и программа по строительству в Ленинградской области пункта захоронения короткоживущих РАО низкой и средней активности», выполняемого ГИ ВНИПИЭТ при участии зарубежными экспертами (SKB, Швеция, DBE Technology, Германия, Великобритания)

При обосновании выбора концепта хранилища, Консорциум зарубежных экспертов, опираясь на опыт реализации подобных сооружений в Испании и Франции и, учитывая различия в стоимостных показателях, рекомендовал в качестве предпочтительного для более глубокой проработки наземный вариант пункта захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО).

ГИ ВНИПИЭТ, опираясь на свой более чем 25 летний опыт исследований и предпроектных работ в данном направлении, в качестве альтернативного наземному варианту предложил к рассмотрению концепцию ПЗРО подземного типа, расположенного в нескольких десятках метров под землей в залежах глин Ленинградской области.



наземный вариант ПЗРО



общий вид подземного ПЗРО

Рис 9. Концепции «на поверхности» и «под землей», рассмотренные в проекте LRP
Источник: проект TACIS R4.05/04.

Ключевым выводом из проделанной работы можно считать заключение о том, что как наземный, так и подземный концепты ПЗРО, являются технически осуществимыми, но находятся на различных стадиях проработанности. Обе концепции имеют определенные достоинства и недостатки применительно к конкретному объекту.

Отличительной чертой данного проекта является тот факт, что глубина предпроектной проработки была доведена до стадии Декларации о намерениях (ДОН) и Обоснования инвестиций (ОБИН), которое было выполнено для наземного варианта ПЗРО, **в то время, как все остальные проекты приповерхностных объектов изоляции низко- и среднеактивных РАО, выполненные в России, находятся лишь в стадии концептуальных проработок.**

В целях создания условий для окончательного решения о возможности строительства и концепте пункта захоронения низко- и среднеактивных РАО в Ленинградской области, исследования в данном направлении целесообразно продолжить с дополнительной проработкой площадок строительства, завершением ОБИН и комплексным сравнением альтернативных вариантов по всем ключевым параметрам.

При формировании окончательного решения наряду со стоимостными показателями, должны быть учтены результаты сравнительной оценки радиационной безопасности альтернативных концептов и отношение населения региона к созданию на его территории могильника РАО.

В настоящее время в рамках деятельности ФГУП «РосРАО» начата работа по оптимизации процесса проектирования, разработке современных подходов к проектированию

всей инфраструктуры обращения с РАО в России и унификации проектных решений, на базе которых в ближайшее время на территории страны должна быть построена сеть хранилищ окончательной изоляции радиоактивных отходов.

Выводы

Создание эффективной системы безопасного обращения с радиоактивными отходами является принципиальным условием дальнейшего развития атомной энергетики и промышленности. Благодаря исключению стадии длительного хранения отходов значительно повышается экономическая эффективность всего заключительного этапа обращения с РАО.

В соответствии с обязательствами, принятыми Российской Федерацией по выполнению Объединенной конвенции о безопасности обращения с ОЯТ и безопасностью обращения с РАО, создаваемые системы обращения с РАО (и ОЯТ) должны обеспечивать государственные гарантии безопасности на всех этапах обращения с ними.

Достигнутый уровень научно-технических решений и технологий позволяет обеспечить безопасность всех этапов обращения с РАО, однако остается вопрос об оптимизации эколого-экономической составляющей выполнения этапов окончательной изоляции РАО.

Анализ систематизированной информации о видах и количестве РАО, находящихся на территории Российской Федерации в различных пунктах хранения, показывает, что для надежной окончательной изоляции РАО без влияния на окружающую среду и население требуется:

- развитие технологий и технологического обеспечения выделения из РАО сверхдолгоживущих радионуклидов и их кондиционирования;
- развитие технологий подземной изоляции жидких короткоживущих РАО в глубокие пласты-коллекторы;
- обоснование мест для окончательной изоляции низко- и среднеактивных твердых и отвержденных РАО в региональных и локальных, приповерхностных или подземных объектах окончательной изоляции;
- обоснование мест для размещения федерального (ых) подземных объектов окончательной изоляции средне и высокоактивных твердых и отвержденных высокоактивных отходов и не перерабатываемого ОЯТ в геологических формациях.

Наряду с приоритетом экологической безопасности решение проблемы окончательной изоляции радиоактивных отходов предполагает минимизацию затрат заключительного этапа обращения. Поэтому при выборе мест для создания объектов окончательной изоляции РАО необходимо экономическое обоснование их количества и расположения, как для ранее рассматриваемых, так и вновь разведываемых площадок.

В систему объектов окончательной изоляции РАО в Российской Федерации будут входить различные (по принципу создания) виды объектов: локальные – созданные в местах накопления значительных объемов «трудно» извлекаемых РАО, региональные и федеральные – специально созданные сооружения, размещение которых удовлетворяет всем техническим, политическим и социальным критериям.

Обращение с долгоживущими отходами и ОЯТ связано с решением специфических задач. После длительной выдержки эти отходы должны подвергаться окончательной изоляции в могильниках, построенных глубоко под землей. Учитывая этот фактор, представляется целесообразным в первую очередь обеспечить изоляцию короткоживущих отходов, для которых допустимо приповерхностное захоронение (в пределах десятков метров от поверхности земли). Для отработки технологии захоронения целесообразно создать

пилотный объект, который при положительных результатах испытаний, в дальнейшем может быть принят за один из прототипов для создания других региональных объектов захоронения РАО низкой и средней активности.

Развитие единой системы обращения с радиоактивными отходами будет сопровождаться сокращением количества пунктов временного хранения до количества предприятий, где образуются РАО. При этом отходы следует перевести в «мобильное» состояние, то есть обеспечить соответствие упаковок РАО критериям приемлемости для последующего приповерхностного или геологического захоронения, а также поместить их в сертифицированные контейнеры, пригодный для транспортировки [15].

Источники информации

1. Распоряжение правительства РФ от 22 февраля 2008 г. N 215-р;
2. Современный технологический уровень безопасного обращения с РАО и ОЯТ, А.Б.Мальшев, А.М.Агапов, ГК «Росатом», Т.А.Гупало, ФГУП ВНИПИПТ, *По материалам Меж. конференции «Стратегия безопасности использования атомной энергии», 2007г;*
3. Окончательная изоляция РАО - способ повышения эффективности ядерных технологий и производств, В.С.Гупало, В.Ю.Коновалов, ФГУП ВНИПИПТ, *Материалы II Международного ядерного форума, С.Пб., 26-29.09.2007;*
4. Формирование единой государственной системы обращения с РАО – основа системного решения проблем атомной отрасли, Агапов А.М. ГК «Росатом» Гупало Т.А. ФГУП ВНИПИПТ, *Материалы III Международного ядерного форума, С.Пб., 26-29.09.2008;*
5. Достижения, задачи и проблемы обращения с радиоактивными отходами: попытка независимой оценки ситуации, Н.Ф. Нечаев, *Материалы V Международной конференции «Радиационная безопасность: обращение с РАО и ОЯТ», С.Пб., 2003г*
6. *Решение III международного ядерного форума, С.Пб., 26-29.09.2008 г;*
7. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для их хранения и (или) захоронения. Требования органа регулирования безопасности, Шарафутдинов Р.Б., Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ, 2007г;
8. Законодательное решение проблем безопасного обращения с РАО – важнейшая составляющая обеспечения ядерной и радиационной безопасности России, Евстратов Е.В., ГК «Росатом», *Материалы Общественного форума-диалога «Атомная энергия, общество, безопасность», апрель, 21-22.04.2008 г.;*
9. НП-055-04 . Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности;
10. Обращение с радиоактивными отходами, Сорокин В.Т., ГИ ВНИПИЭТ 2004г.;
11. Комплексный подход к выбору перспективных участков для окончательной изоляции РАО, Гупало Т.А., Миловидов В.Л., Прокопова О.А, ФГУП ВНИПИПТ, *Материалы VII Международной Конференции «Радиационная безопасность», С.Пб., 25-29.09.2004;*
12. Основные нормативные документы и критерии приемлемости кондиционированных РАО для их хранения и захоронения, Заручевская Г.П., Демин А.В., Сорокин В.Т., Шведов А.А. ГИ ВНИПИЭТ, *Материалы VI международной конференции «Радиационная безопасность: Атомтранс-2003», С.Пб., 26-29.2003г.;*
13. Постановление Правительства РФ № 87, 2008г;
14. С.В.Антипов, А.М.Агапов, Е.Г.Кудрявцев, В.Д.Ахунов, Т.А.Гупало. *По материалам конференции «Безопасность ядерных технологий: экономика безопасности и обращение с ИИИ», С.Пб., 2005г;*
15. Единая государственная система обращения с ОЯТ и РАО, Кудрявцев Е.Г., Гусаков И.В., <http://atomic-energy.ru/en/node/1500>; 13.01.2009.