

УДК 577.4:622.692.24:539.16

В.С. Гупало

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ
ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ РАО**

Семинар № 9

В период формирования отрасли, ориентированной на обеспечение обороноспособности страны, вопросам экологии и экономики принимаемых решений отводилось второстепенное значение.

В результате такого подхода сложилась ситуация, когда основным направлением обращения с образующимися РАО стало их длительное хранение, а общее количество радиоактивных отходов (РАО), накопившихся на территории Российской Федерации в объектах временного хранения, к настоящему времени составило более 400 млн. м³ жидких и 200 млн. м³ твердых РАО.

Кроме того, другим следствием такой особенности формирования отрасли явилось формирование системы локального проектирования объектов изоляции РАО, основанной на принятии решений преимущественно на технических критериях и директивных указаниях. Результатом этого стало экономически неэффективное создание большого числа нетиповых объектов хранения РАО, спроектированных под конкретные отходы конкретного предприятия.

Последующий опыт эксплуатации таких хранилищ, а также анализ перспектив дальнейшего обращения с РАО показал, что единственным безопасным способом изоляции радиоактивных отходов от среды обитания человека является их размеще-

ние в отвержденном и твердом виде в специально оборудованных подземных сооружениях различной конструкции в массивах пород, отвечающих необходимым требованиям.

Поэтому для решения проблемы РАО было начато выделение перспективных мест для создания объектов окончательной изоляции глубокого заложения, таких как: промплощадка ПО «Маяк», Нижнеканский гранитоидный массив, архипелаг «Новая земля», площадки в Дальневосточном регионе, Кольском полуострове и др.

Однако в качестве критерия для определения необходимости создания могильников и его параметров также использовались только технические факторы, такие как наличие отходов, требующих изоляции, и наличие пригодной геологической формации.

Приведенный обзор состояния проектирования объектов изоляции РАО позволяет сделать заключение, что сложившаяся к настоящему моменту времени методология проектирования таких объектов характеризуется следующими недостатками:

- индивидуальный подход к объекту проектирования;
- локализация решения проектных задач;
- решение проектных задач только в детерминистской постановке;
- использования при оценке необходимости создания объекта подзем-

ной изоляции РАО только технических критериев;

-недостаточная научная обоснованность нормативных показателей, предназначенных для проектных расчетов.

Особенно очевидными эти недостатки стали в связи с обоснованием и принятием положений комплексного решения задач окончательной изоляции радиоактивных отходов. Декларируемое увеличение числа эксплуатирующихся энергоблоков, изменение экономических взаимоотношений и формирование различных видов собственности также определяют необходимость формирования новых методологических подходов к проектированию строительства объектов окончательной изоляции РАО.

Система обращения с РАО, включающая их окончательную изоляцию, являясь затратной статьей по отношению к этапам ядерно-топливного цикла, должна помимо обеспечения безопасного функционирования этих производств позволять в условиях реализации принципа «производитель отходов платит за их утилизацию» оставаться предприятиям экономически эффективными.

Предметом данного доклада является демонстрация эколого-экономического подхода к обоснованию параметров объектов окончательной изоляции РАО.

Для комплексной эколого-экономической оценки эффективности решений по созданию объектов окончательной изоляции была проведена оценка затрат на создание таких объектов и элементов их многобарьерной системы, а также показателей безопасности этих вариантов.

Структура затрат на создание объекта окончательной изоляции радиоактивных отходов определяется типом используемой конструкции, объ-

емно планировочными решениями, и включает: инженерно-геологические изыскания, проектирование, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, лицензирование, строительство сооружений пускового комплекса, строительство модулей для захоронения, создание инженерных барьеров и консервацию могильника.

Диаграмма затрат на создание объектов окончательной изоляции глубокого заложения, использующего в качестве модулей захоронения слепые стволы, для различных объемов размещаемых РАО приведена на рис. 1.

Приведенная диаграмма показывает, что при увеличении объема изолируемых отходов закономерно возрастает доля затрат на контейнеры и модули (выработки для размещения РАО).

Кроме того, с увеличением объема изолируемых отходов, снижается доля накладных расходов, и, как следствие, удельная стоимость захоронения. Это обуславливает необходимость минимизации количества могильников и увеличение их объема.

Вместе с тем, для укрупнения объектов окончательной изоляции необходимо перевозить значительные объемы РАО, что повышает стоимость реализации варианта обращения, что также требует учета.

Для получения рекомендаций по экономически эффективному размещению объектов окончательной изоляции была проведена комплексная оптимизация транспортных операций и стоимости создания объектов окончательной изоляции.

В ходе оптимизации были рассчитаны экономические показатели всех вариантов создания объектов окончательной изоляции в местах, отобран-

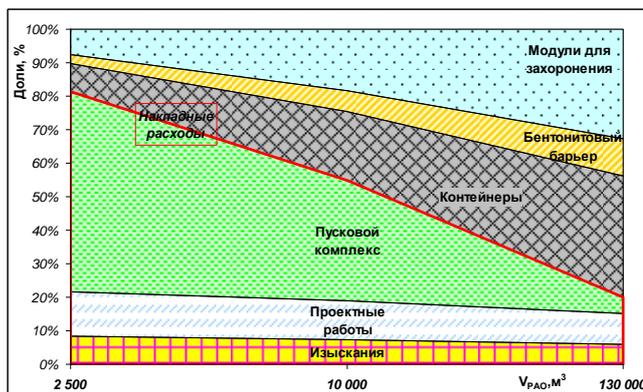


Рис. 1. Диаграммы затрат на различные этапы создания объекта окончательной изоляции глубокого заложения

экономическим показателям при выборе плана реализации технологических операций при обращении с РАО, и позволяет производить комплексную экономическую оценку таких планов.

по социальным и техническим критериям: один объект в любом из отобранных мест, два объекта в любых двух отобранных местах, и так далее до варианта размещения объекта в каждом из таких мест. Экономические показатели вариантов оценивались на основании стоимости отдельных технологических операций: стоимости транспортировки РАО от мест их образования/накопления (по железнодорожным и водным путям); стоимости создания объектов окончательной изоляции, зависящей от объема размещаемых РАО.

Задача оптимизации технологических и транспортных операций реализации плана окончательной изоляции РАО, была проведена с большим числом внутренних ограничений и частичной нелинейностью функций предпочтения по ряду основных параметров. Для решения таких задач была создана информационно-аналитическая система, предназначенная для решения такого класса задач – позволяющая составить набор квазиоптимальных планов реализации технологических и транспортных операций обращения с РАО: от мест их образования до мест их окончательной изоляции. Созданный программный комплекс позволяет проводить сравнение приняты решений по экологи-

ческих планов.

Полученные укрупненные оценки стоимости реализации технологических операций транспортировки РАО, создания объектов окончательной изоляции и загрузки РАО, приведены на графике (рис. 2) в зависимости от количества намеченных площадок.

Приведенный график показывает на наличие минимума затрат, обусловленного взаимным учетом транспортных и технологических особенностей системы обращения с РАО и характеризующего оптимальное число объектов окончательной изоляции по экономическому критерию.

Вместе с тем, изменение объема изолированных отходов вызовет изменение показателей безопасности таких объектов.

Проведем оценку влияния объема локализованных РАО на безопасность окончательной изоляции. Расчет показателей безопасности сводился к последовательному математическому моделированию физических и физико-химических процессов распространения загрязнения: деградации элементов конструкции сооружения и системы инженерных барьеров, массопереноса загрязнения в материале инженерных барьеров, миграции в геологической среде вплоть до поа

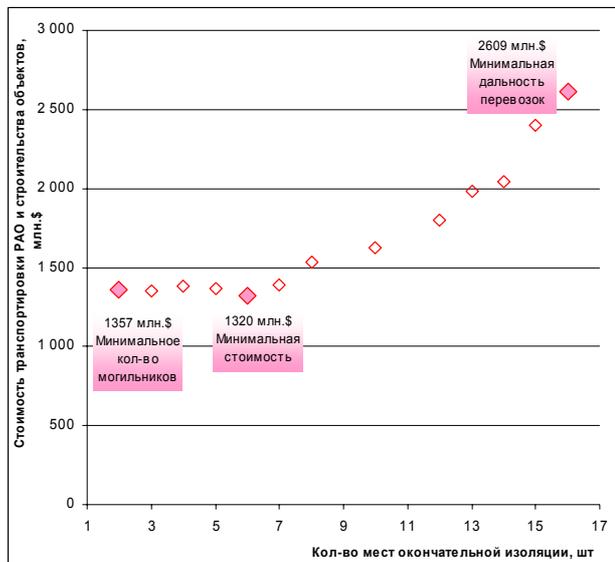


Рис. 2. Зависимость затрат на создание объектов окончательной изоляции от их количества

Приведенные зависимости позволяют определить максимально возможное количество РАО, пригодное для изоляции в соответствии с требованиями нормативных документов, в одном месте и показывают на увеличение размеров необходимой санитарно-защитной зоны с увеличением количества изолируемых отходов.

дания загрязнения в область жизнедеятельности человека.

Используемые значения миграционных параметров, определяющие изоляционные свойства вмещающих гипотетический приповерхностный объект окончательной изоляции РАО, принимались как характерные для глинистых отложений, по анализу литературных данных: значение пористости лежит в диапазоне $0,15 \div 0,45$; коэффициент механической дисперсии среды $\approx 1 \div 3$; принятые значения миграционных параметров (растворимости радионуклидов в грунтовых водах и коэффициентов распределения фаз при сорбции) также приняты по результатам обобщения данных из литературных источников. Скорости фильтрации грунтовых вод по Дарси при этом принималась равной 1 м/год ($\sim 10^{-3}$ м/сут).

Для демонстрации последствий окончательной изоляции различных количеств РАО, (рис. 3) построены зависимости распространения фронта предельно-допустимой концентрации от объема локализованных РАО.

Кроме того, они позволяют разделить радионуклиды на три условные группы: в первую группу были отнесены «локализуемые» в пределах СЗЗ в независимости от объема РАО (в пределах выбранного диапазона), во вторую группу – радионуклиды, надежная изоляция которых обеспечивается лишь при ограничениях на объем размещаемых РАО, и в третью группы – радионуклиды для изоляции которых необходим выбор геологических формаций с большими задерживающими характеристиками.

Таким образом, в основе предлагаемого подхода лежит взаимный учет характеристик изолируемых отходов и экономических показателей рассматриваемых вариантов в сочетании с переходом от практики локального проектирования к проектированию системы объектов.

Применение такого подхода позволит обеспечить конкурентно способность формируемой атомной энергетики за счет минимизации затрат на окончательную изоляцию радиоактивных отходов.

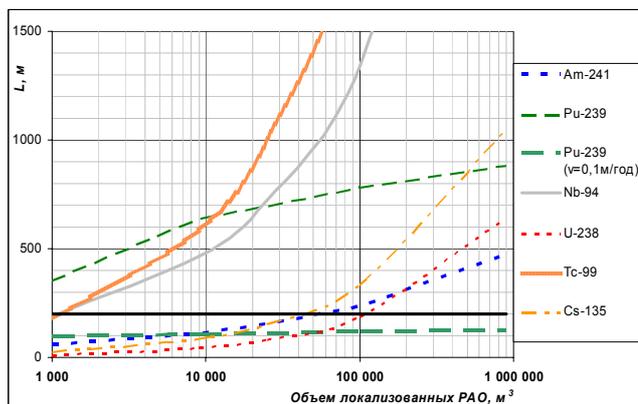


Рис. 3. Зависимость расстояния предельного распространения фронта ПДК (L, м) от объема локализованных РАО

окончательной изоляции РАО является переход от практики локального проектирования объектов к проектированию единой системы объектов окончательной изоляции.

Заключение

1. Одним из направлений обеспечения конкурентоспособности атомной энергетики в современных условиях является экономически эффективное решение проблемы накопленных и будущих отходов.

2. В основе обеспечения экономической эффективности решений по

тальной изоляции.

3. Механизмом определения параметров системы объектов окончательной изоляции является оптимизация вариантов по критериям минимизации полной стоимости, минимизация объемов перевозок, и обеспечения безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция федеральной целевой программы «Обеспечения ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года».

2. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине 21 века. Москва, ФГУП ЦНИИАтоминформ, 2001.

3. Антипов С.В., Агапов А.М., Кудрявцев Е.Г., Ахунов В.Д., Гупало Т.А. Совершенствование системы обращения с радиоактивными отходами в России, Сборник: Безопасность ядерных технологий: Экономика безопасности и обращение с источниками ионизирующих излучений, Санкт - Петербург, 2005.

4. Гупало В.С., Коновалов В.Ю. Перспективы перевозок радиоактивных отходов на завершающем этапе обращения, Сборник: Международный ядерный форум: Стратегия безопасности использования атомной энергии, Санкт - Петербург, 2006.

5. Кривохатский А.С., Дубровин В.С., Рогозин Ю.М. и др. О возможности создания хранилища радиоактивных отходов в залежах глин в Ленинградской области //Использование подземного пространства страны для повышения безопасности ядерной энергетики, Апатиты, 1995. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Гупало В.С. – ФГУП ВНИПИПромтехнологии, г. Москва.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 9 симпозиума «Неделя горняка-2009». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.А. Харченко.