

УДК 504.55.064.47

Т.А. Гупало, М.В. Маслов, В.Н. Чистяков

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТВЁРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГЛУБОКИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ

Рассмотрена проблема оценки стоимости окончательной изоляции радиоактивных отходов. В статье изучены варианты окончательной изоляции РАО и предложена модель эколого-экономической оценки стоимости размещения РАО.

Ключевые слова: радиация, биосфера, инфраструктура, шахтная клеть, изоляция.

Окончательная изоляция радиоактивных отходов (РАО) — конечный и очевидно необходимый этап обращения с радиационными материалами, непригодными к дальнейшему использованию. В статье рассмотрены основные экономические вопросы, возникающие при захоронении твёрдых радиоактивных отходов (ТРО) и отверждённых отходов методом размещения их в объектах окончательной изоляции, созданных в глубоких геологических формациях.

Однако, технологии захоронения во многом различаются в зависимости от типа РАО. Вообще, все РАО, в соответствии с мировым опытом классифицируются в зависимости от их активности:

Очень низкоактивные РАО (ОНАО):
низкоактивные РАО (НАО),
среднеактивные РАО (САО),
высокоактивные РАО (ВАО),

В зависимости от периода сохранения активности:

короткоживущие РАО,
долгоживущие РАО,

В зависимости от агрегатного состояния:

жидкие РАО (ЖРО),
твёрдые РАО (ТРО),
газообразные РАО.

Кроме того существует ещё масса иных показателей по которым РАО классифицируются и которые оказывают влияние на выбор способа окончательной изоляции. Также следует учитывать, что зачастую РАО содержат в себе смесь изотопов различных свойств. Так можно встретить ЖРО с большим содержанием твёрдых частиц, долгоживущие РАО в которых лишь малая часть изотопов сохраняет свою активность в течение долгого периода времени или ВАО, высокая активность которых определяется малой частью удельно-высокоактивных компонентов, в то время как большая часть композита представляет собой смесь слабо радиоактивных и стабильных изотопов.

Окончательная изоляция РАО в объектах расположенных в глубоких геологических формациях

При окончательной изоляции РАО в объектах расположенных в глубоких геологических формациях в специально выбранном геологическом массиве (с высокими изоляционными свойствами) проходятся горные выработки для последующей установки в них контейнеров с РАО. Контейнеры могут устанавливаться как напрямую

в штреках так и в специальных выработках, таких как слепые стволы или камеры. Спуск контейнеров производится либо средствами клетьевого подъема — в случае вскрытия шахтными вертикальными стволами, либо внутришахтным транспортом при вскрытии штольной.

Преимуществом данного метода является то, что он позволяет надежно изолировать от биосферы САО и ВАО, так как помимо возводимых инженерных барьеров используются также изолирующие свойства вмещающих пород. Недостатками метода являются значительные капитальные затраты на создание объекта окончательной изоляции, большие затраты на доставку РАО в объект, жесткие ограничения по массогабаритным характеристикам контейнеров и используемого оборудования.

Этот метод связан с необходимостью предварительного детального изучения горно-геологических условий в месте предполагаемого размещения объекта окончательной изоляции, так как размещение подобного объекта в формациях, с высокой степенью трещиноватости или тектонической нарушенности, обладающими низкими сорбционными свойствами или высокой обводненностью, требует крайне высоких затрат на возведение инженерных барьеров, для устранения угроз, а зачастую и вовсе делает окончательную изоляцию в данном массиве экологически и экономически нецелесообразной.

После проведения работ по обоснованию места создания объекта окончательной изоляции РАО необходимо провести оценку целого ряда параметров связанных как непосредственно затратами на сооружение объекта окончательной изоляции, так и с такими параметрами, как обеспеченность инфраструктурой и транс-

портными путями. Эти оценки позволят выбрать оптимальное расположение объекта окончательной изоляции РАО и подходящих по горно-геологическим условиям. Также немаловажной статьёй расходов являются так называемые расходы на «социальное просвещение» и расходы, связанные с возможной необходимостью выкупа земель вокруг объекта окончательной изоляции и переселения проживающих на выбранной территории людей.

Затраты на логистику

Разработка эффективной логистической схемы позволит наиболее полно использовать возможности оборудования и объекта в целом, тогда как неэффективная схема приведёт к простоям — что скажется на окончательной стоимости изоляции через инфляционную составляющую. Также возможен вариант, при котором технологические возможности оборудования объекта окончательной изоляции будут не соответствовать транспортному потоку, что потребует сооружения дополнительных промежуточных хранилищ для РАО, а это в свою очередь приведет к возрастанию издержек.

Окончательная изоляция твердых и отвержденных РАО производится в специальных контейнерах. На сегодняшний день в России для разных типов РАО создано несколько типов контейнеров отвечающих нормам радиационной безопасности и отличающихся материалами, из которых они изготовлены и массогабаритными характеристиками.

При выборе контейнера для окончательной изоляции необходимо учитывать пропускную способность внутришахтного транспорта а также необходимость проведения различных маневровых операций с контейнерами внутри горных выработок.

Таблица 1

Технические характеристики различных типов контейнеров

№ п/п	Тип контейнера	Габариты (мм)	Емкость (по РАО м ³)	Масса брутто (т)
1	НЗК-РАДОН	1650х1650х1340	1,9	6,5
2	КРАД-1,36	1280х1280х900	1,36	3,14
3	КРАД-3,0	2620х1430х1080	3,0	6,67
4	КРАД-3,0 (х 2)	2620х2860х1080	6,0	13
5	Бочка металлическая*	600х600х800	0,2	0,43
6	КТБН-3000	2050х1125х1170	1,5	3,5

* — при транспортировке предполагается использование специализированных оборотных транспортных контейнеров, обеспечивающих дополнительные меры безопасности при перевозке РАО.

Для наиболее эффективного использования выработанного пространства объекта окончательной изоляции необходимо разработать такую схему установки контейнеров при которой будет наиболее полно использоваться полезный объём штреков, слепых стволов или камер для окончательной изоляции (см. рис. 1).

Помимо оптимального использования выработанного пространства необходимо произвести выбор наиболее подходящего под поставленные цели внутришахтного транспорта, такого как рельсовый путь, самоходные вагоны, кран-балки (см. рис. 2). Кроме того на выбор массогабаритных параметров контейнеров для окончательной изоляции РАО влияет пропускная способность ствола и вместительность шахтной клетки. Помимо массогабаритных параметров контейнеры для окончательной изоляции РАО отличаются по своей стоимости что обусловлено различными материалами из которых они изготовлены.

Для решения всех этих вопросов целесообразным является прогнозирование затрат на основании экономико-математического моделирования. Такая модель должна отвечать ряду

условий, таких как блочно-модульная структура этапов и стадий работ (с подключением необходимого набора модулей).

Модель также должна позволять оценивать как весь процесс окончательной изоляции радиоактивных отходов, так и определённую их часть. Помимо этого модель должна учитывать сроки выполнения операций по окончательной изоляции, оценивать воздействие горно-геологических факторов на эксплуатационные издержки при захоронении РАО (см. рис. 3) и оценивать воздействие инфляции на окончательную стоимость проекта.

Также при сравнении выходные данные модели должны показывать какая часть проекта оказывает доминирующее влияние на его конечную стоимость — таким образом модель должна отвечать условиям прозрачности (см. данные табл. 2 и рис. 4).

В конечном итоге использование экономико-математической модели должно позволить в сжатые сроки рассматривать спектр альтернативных вариантов реализации окончательной изоляции РАО с учётом используемого при этом оборудования, различных режимов работы, технических характеристик создаваемых объектов и на

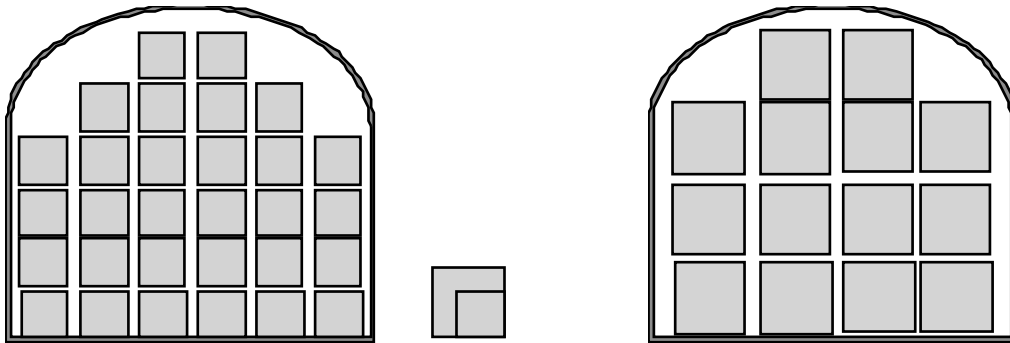


Рис. 1

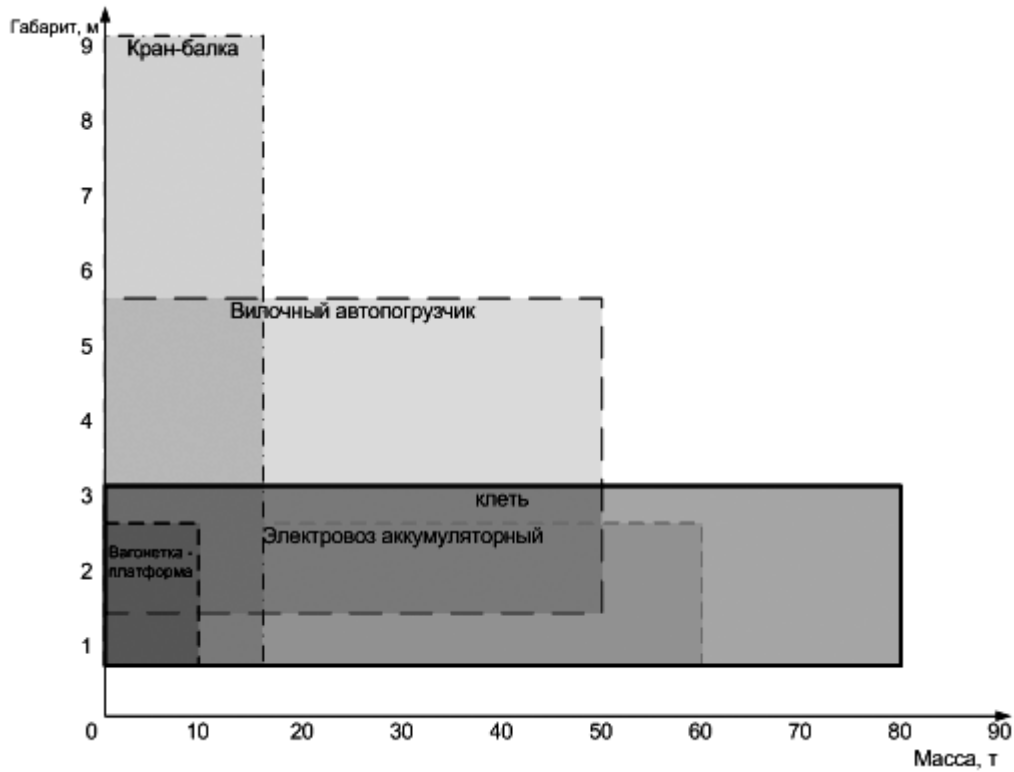


Рис. 2

основании критерия оптимума предложить наиболее эффективный вариант изоляции РАО.

Тренд изменения удельной себестоимости захоронения РАО в объекте окончательной изоляции,

размещённом на глубине 600 м представлен на рис. 3

Критериями оптимума могут выступать как чисто экономические показатели, такие как минимальная удельная стоимость окончательной

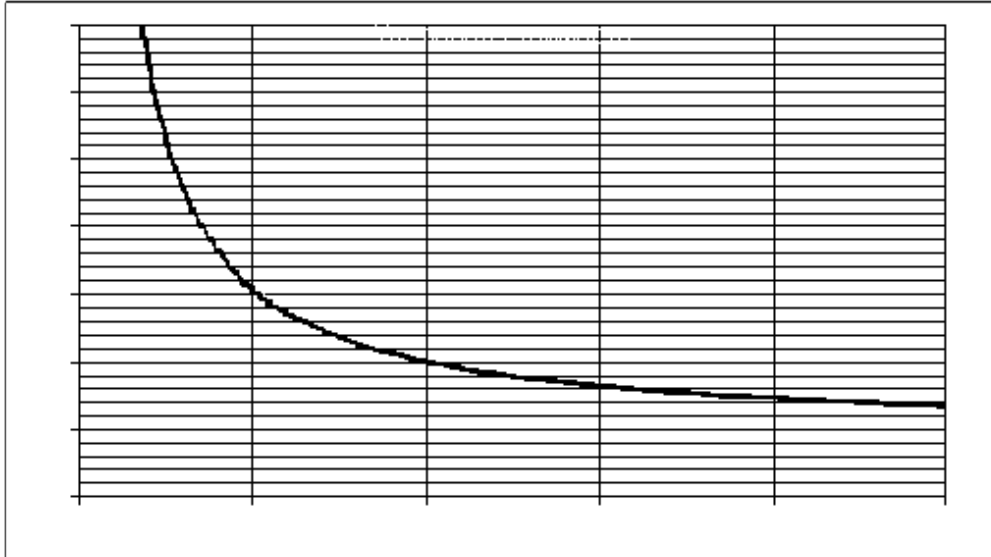


Рис. 3

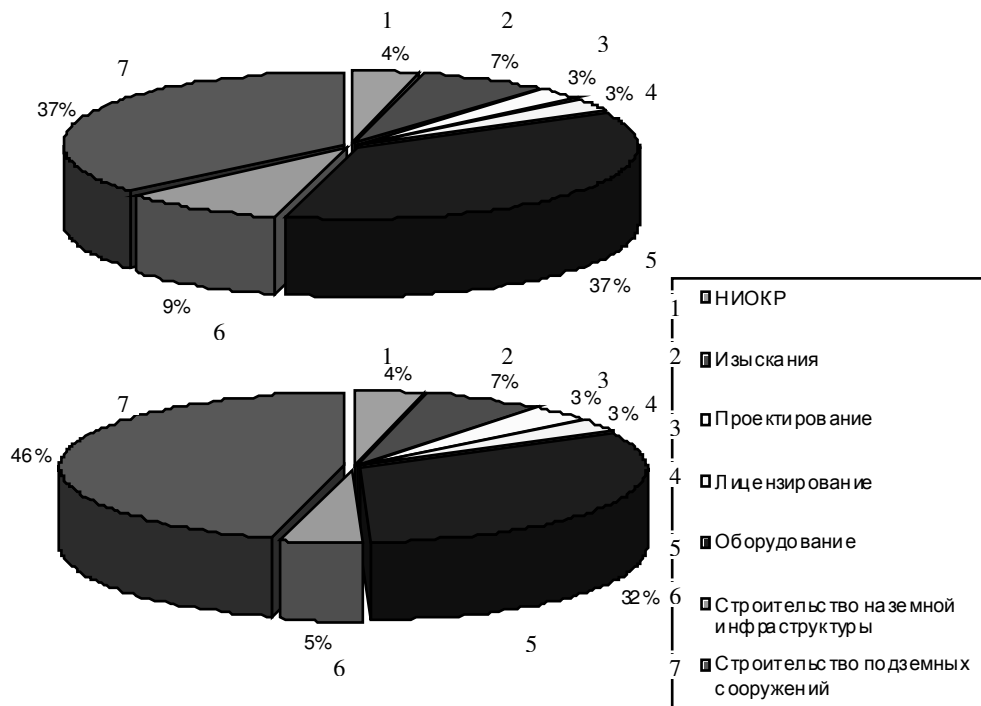


Рис. 4. Диаграммы соотношения статей затрат на захоронение РАО в зависимости от изменения объемов захоронения РАО: верхняя диаграмма — соотношение статей затрат при объемах захоронения 100 тыс. м³; нижняя диаграмма — соотношение статей затрат при объемах захоронения 300 тыс. м³

Таблица 2

Процентное соотношение статей затрат на захоронение РАО от изменения объемов захораниваемых РАО

	100 тыс. м ³	300 тыс. м ³
НИОКР	4 %	4 %
Изыскания	7 %	7 %
Проектирование	3 %	3 %
Лицензирование	3 %	3 %
Оборудование	37 %	32 %
Строительство наземной инфраструктуры	9 %	5 %
Строительство подземных сооружений	37 %	46 %

изоляция РАО или наименьшие временные затраты на выполнения технологических операций, так и комплексные параметры — минимальные величины потенциальных рисков, наименьшая зона отчуждаемых земель. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гулало Т.А. — доктор технических наук, ВНИПИпромтехнология;
 Маслов М.В. — кандидат технических наук, Московский государственный горный университет;
 Чистяков В.Н. — ВНИПИпромтехнология.



ЖЕНЩИНЫ-ШАХТЕРЫ

В годы Великой Отечественной войны подземными рабочими работало 245 тыс. женщин, составлявших 86 % шахтерских коллективов. Массовое движение «Девушки, в забой!» возникло стихийно под влиянием обстоятельств. В сентябре 1943 г., в первые дни освобождения Донбасса, начался подземный подвиг женщин. В Гортовке одной из первых была 19-летняя Мария Гришутина, портрет которой артиллеристы прикрепили к штыку пушки, впоследствии стрелявшей по Рейхстагу.

В январе 44-го женщины-шахтеры всенародно дают клятву: «Каждый день выполнять две нормы: за себя и за воюющего или погибшего отца, брата, мужа, любимого». Страна постепенно привыкла к женским рекордам. Лишь в 1961 г. Н.С. Хрущев вывел женщин из шахт и запретил им там работать. Исключением стали только женщины-маркшейдеры.

Интересно, что феминистически настроенные женщины США считают нарушением своих прав и свобод подобные запреты. Они создали общенациональную организацию женщин, работающих в горнодобывающей промышленности, Women In Mining (WIM). Одна из ее целей – борьба за право женщин работать в шахте.

