

УДК 621.039.74:504

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ЕРСО РАО

В.С. Гупало, А.И. Фещенко

АО «ВНИПИПРОМТЕХНОЛОГИИ»

Сформирован перечень экономически целесообразных технических решений, достаточных для приведения различных типов радиоактивных отходов (РАО) в соответствие критериям приемлемости, и проведена оценка достаточности существующих мощностей переработки РАО, образующихся на предприятиях ГК «Росатом» при реализации различных стратегий решения проблем наследия и программ по выводу ядерно- и радиационно опасных объектов из эксплуатации во всех округах РФ, определены приоритетные места размещения дополнительных мощностей переработки РАО и определены границы применимости различных видов транспорта при доставке отходов от пунктов образования/накопления до пунктов переработки и далее до ПЗРО.

Ключевые слова: переработка РАО, вывод из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов, пункты образования/накопления РАО, производственно-логистическая инфраструктура.

Необходимым этапом завершающей стадии обращения с радиоактивными отходами (РАО) является приведение их в форму, соответствующую критериям приемлемости для захоронения в объектах окончательной изоляции.

На сегодняшний день переработка РАО, образующихся в результате деятельности предприятий ГК «Росатом», производится по различным технологическим схемам и на текущий момент не существует оптимальной концепции подготовки накопленных и образующихся РАО к захоронению. Технологии переработки и кондиционирования, а соответственно и установки их реализации, создавались с учетом специфики образующихся РАО для конкретных предприятий и в большинстве своем не являются унифицированными (рис. 1). Только небольшая часть из используемых и разрабатываемых установок по обращению с РАО

FEASIBILITY STUDY OF REGIONAL PRODUCTION AND LOGISTICS INFRASTRUCTURES, THE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE IN THE ERCA RAO

V.S. GUPALO, A.I. FESHCHENKO

Formed list of economically viable technical solutions adequate to bring different types of Rao in compliance with eligibility criteria and assessed the adequacy of the existing capacity of processing RAO formed on Rosatom enterprises when implementing the different coping strategies and programs on heritage found nuclear and radiation hazardous facilities in all districts of the Russian Federation, identifies priority placement of additional capacity of processing raw and defined the boundaries of the applicability of the various modes of transport for delivery of education/points accumulation prior to recycling points and next to CDEP.

KEYWORDS: recycling RAO, decommissioning of nuclear and radiation hazardous facilities, educational items of RAO, industrial and logistics infrastructure.

может быть отнесена к стандартизированному (обладающему широким спектром применимости и возможностью тиражирования) оборудованию.

Сложившаяся ситуация объясняется наличием большого разнообразия типов накопленных отходов, затрудняющих применение единой типовой технологии их переработки и подготовки к захоронению. Проведенный анализ показал, что в настоящее время существует 252 уникальных типа РАО, различающихся агрегатным состоянием, активностью, горючестью, и пр.

Все это объясняет экономически неэффективное применение в настоящее время отдельных технологий для отходов конкретных предприятий и затрудняет проведение в масштабах отрасли подготовки существующих отходов к захоронению.

Создание единой концепции подготовки накопленных и образующихся РАО будет способствовать

**ФИЛОСОФИЯ ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ:
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ
И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В.С. ГУПАЛО, А.И. ФЕЩЕНКО
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ВЕГСО РАО

ускорению процессов обращения с РАО и сокращению расходов на завершающие этапы обращения с РАО.

Формирование единой концепции по подготовке и захоронению различных типов РАО сопряжено с определением оптимальных по технико-экономическим параметрам установок и комплексов по переработке/приведению в соответствие критериям приемлемости отходов, оценкой потребности округов РФ в типах и производительности недостающих комплексов и выполнением поиска наиболее оптимальных площадок для их размещения.

Для определения возможности приведения различных типов РАО в соответствие критериям приемлемости для захоронения и оценки объемов поступления кондиционированных форм РАО на ПЗРО были детально рассмотрены существующие технологии по переработке отходов различных типов (рис. 1) [4].

Были проанализированы технико-экономические характеристики разрабатываемых и существующих на различных предприятиях ГК «Росатом» комплексов по переработке и кондиционированию РАО. В ходе анализа определялся спектр применимости технических решений, возможности по тиражированию, универсальность установок и другие параметры, отвечающие требованиям стандартизации [1, 3, 6, 7]. В результате проведенного анализа был сформирован перечень существующих стандартизированных комплексов и установок по переработке РАО различных типов и генезиса. Для всех видов РАО, накопленных и

образующихся на предприятиях ГК «Росатом», были сформированы возможные технологические цепочки по приведению их к критериям приемлемости для захоронения.

Проведена сравнительная оценка затрат на переработку РАО (с учетом их последующего захоронения) по альтернативным вариантам технологических схем и обоснованы оптимальные цепочки кондиционирования для каждого типа РАО (рис. 2) [2, 5].

Для определения потребности федеральных округов РФ в типах и производительности недостающих комплексов переработки РАО проведено моделирование движения потоков при переработке отходов на предприятиях ГК «Росатом» с учетом обоснованных оптимальных технологических схем, реальных объемов накопленных и образующихся РАО и существующих комплексов их переработки на предприятиях.

Для решения этой задачи разработан комплекс программных средств, реализующий метод прямого перебора – блок-схема алгоритма моделирования представляет собой ряд последовательных циклов, перебирающих все рассматриваемые предприятия, существующие на них потоки РАО и цепочки переработки для каждого потока, формируя на выходе значения суммарных затрат на обращение.

В результате моделирования для каждого предприятия получены суммарные требуемые мощности по всем методам кондиционирования, определен дефицит и избыток мощностей комплексов переработки РАО, разработаны рекомендации по количеству и

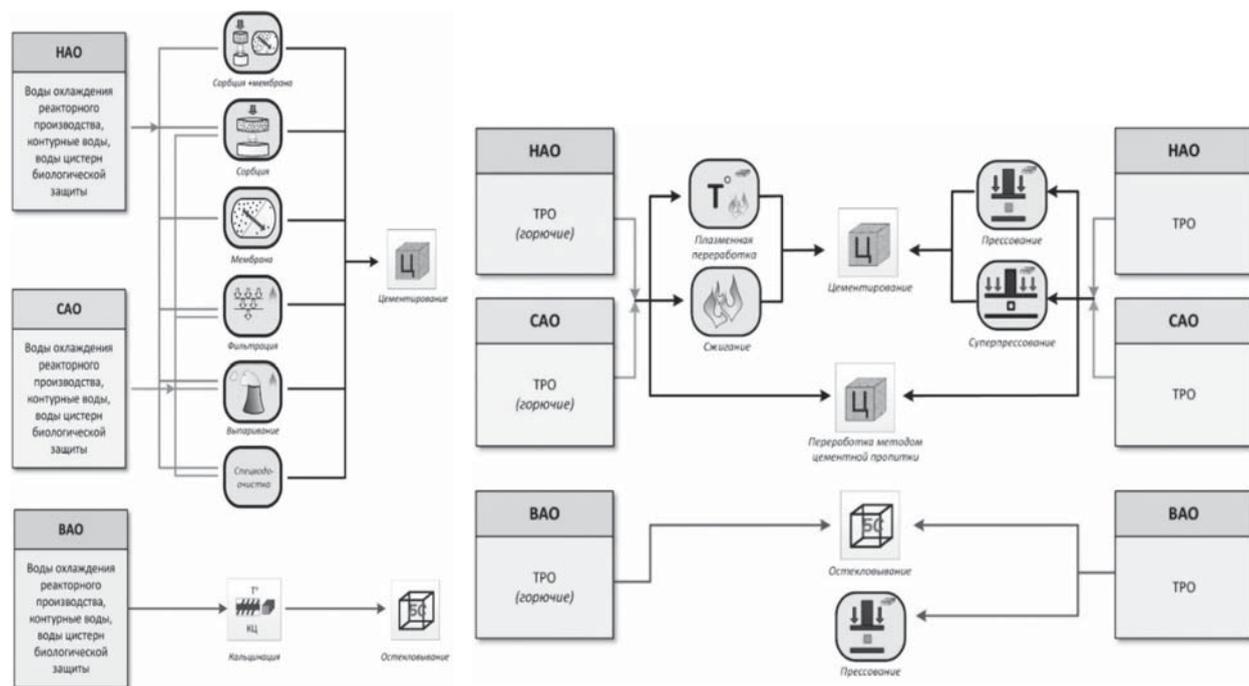


РИС. 1.
Альтернативность технологических схем переработки РАО

ФИЛОСОФИЯ ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

типам необходимых дополнительных комплексов для каждого округа РФ.

Приведенные на рис. 3 результаты моделирования на примере Северо-Западного округа показывают, что наряду с предприятиями, имеющими потребность в установках по переработке, в округе есть и в значительной степени недозагруженные установки соответствующих типов.

Это создает предпосылки объединения в одном контуре управления мощностей по переработке РАО с увеличением их загрузки за счет РАО других пред-

В.С. ГУПАЛО, А.И. ФЕЩЕНКО
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ЕГСО РАО

приятий, где определенный тип установок отсутствует.

Учитывая это, а также масштабы объемов накопленных и образующихся отходов в сочетании со значительными расстояниями между предприятиями собственниками РАО, затраты на транспортировку отходов от пунктов образования/накопления до пунктов переработки и далее до ПЗРО будут значительно различаться в зависимости от схемы размещения инфраструктурных элементов системы обращения с РАО.

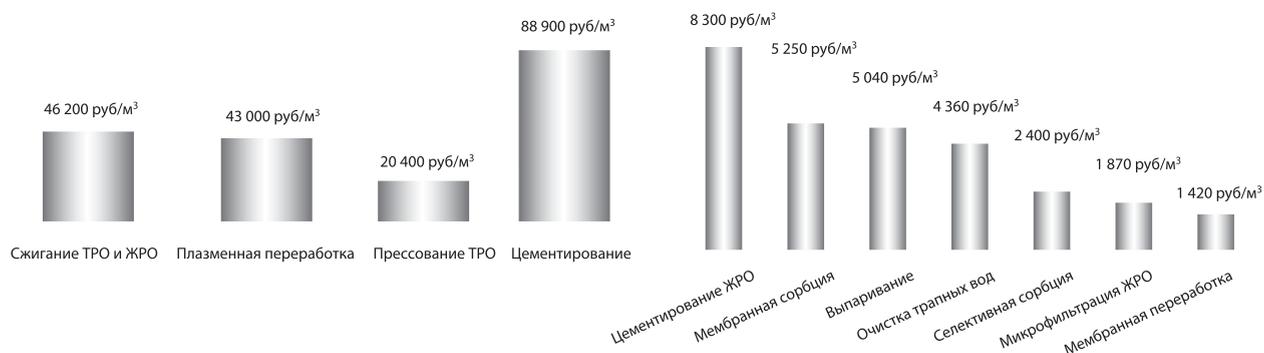
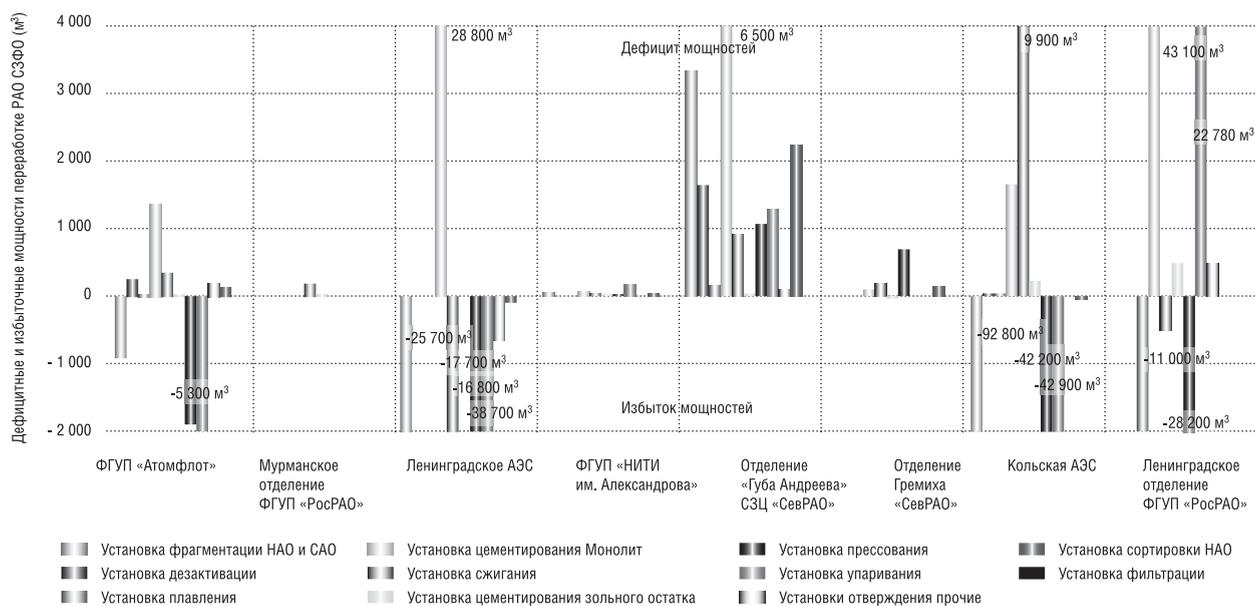


РИС. 2.

Сравнительный экономический анализ полных технологических схем обращения с РАО, основанных на разных методах переработки



Возможность совместного использования:

Установка фрагментации
Установка сжигания
Установка отверждения прочих РАО
Установка прессования

Необходимость использования дополнительных мощностей:

Установка цементирования (более 6 000 м³/год)
Комплекс дезактивации ТРО (150 м³/год)
Установка сортировки и фрагментации НАО и САО (460 м³/год)

РИС. 3.

Результаты оценки суммарных требуемых и избыточных мощностей комплексов переработки РАО

**ФИЛОСОФИЯ ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ:
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ
И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В.С. ГУПАЛО, А.И. ФЕЩЕНКО
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ЕГСО РАО

С целью поиска наиболее оптимального варианта размещения дополнительных мощностей переработки РАО (с привязкой к схеме территориального планирования в части размещения объектов захоронения радиоактивных отходов) с использованием разработанного комплекса было проведено моделирование транспортных потоков РАО для всех округов Российской Федерации. В ходе моделирования транспортных потоков рассмотрены возможные варианты транспортно-логистических схем обращения с РАО,

рассчитаны суммарные издержки на транспортировку РАО от пунктов образования/накопления до пунктов переработки и от пунктов переработки до ПЗРО, определены оптимальные площадки размещения дополнительных комплексов переработки РАО (рис. 4).

Проведенный анализ результатов моделирования позволил определить приоритетные площадки размещения центров переработки РАО по округам РФ:

Северо-западный ФО – район расположения ЛАЭС, ФГУП «РосРАО» (г. Сосновый Бор);

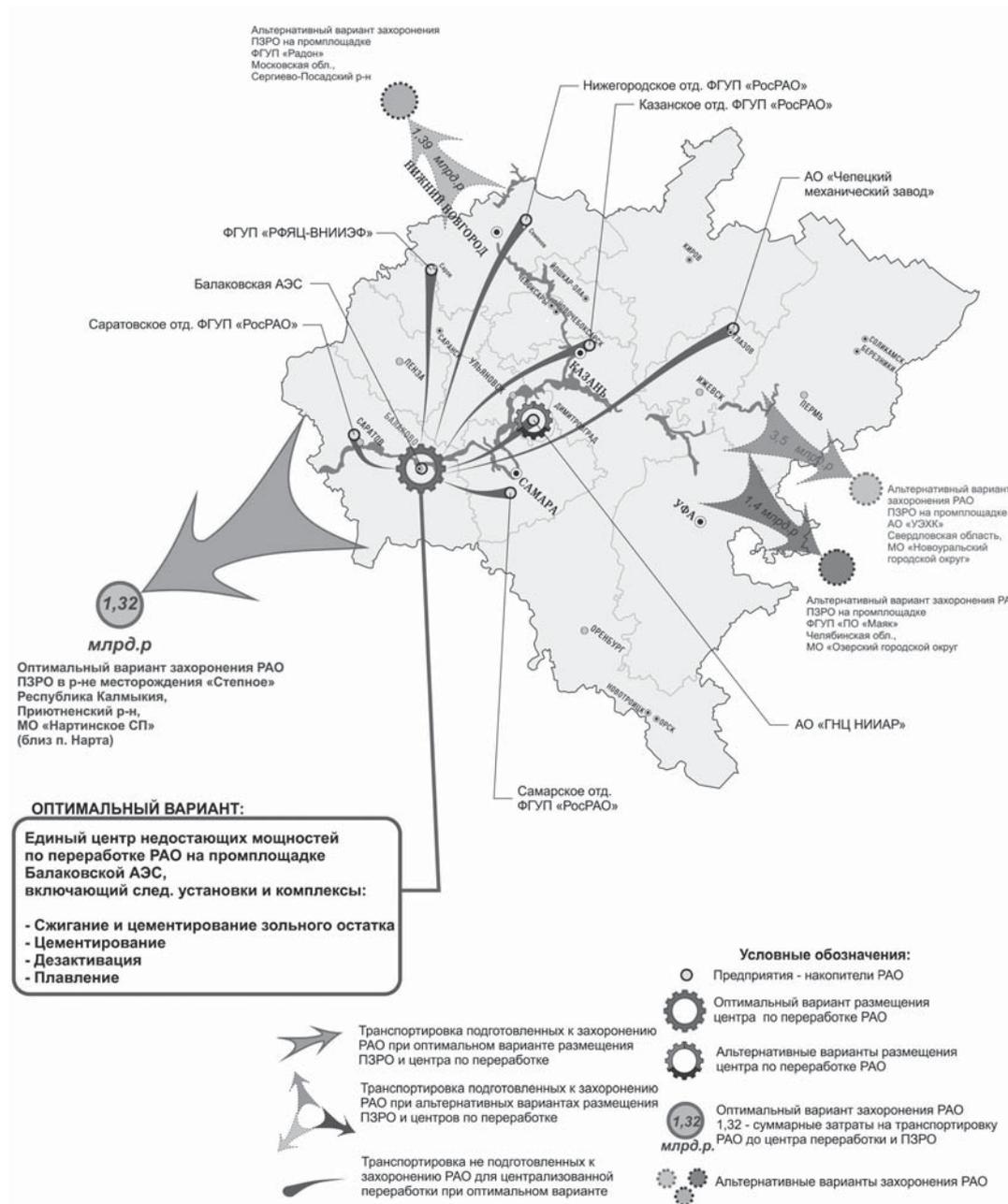


РИС. 4.
Выбор решений по размещению центров переработки и площадок для захоронения

**ФИЛОСОФИЯ ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ:
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ
И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Центральный ФО – район ФГУП «Радон» (г. Сергиев-Посад), районы расположения Курской или Нововоронежской АЭС;

Приволжский ФО – район расположения НИИ-АР (Дмитровград) и район расположения Балаковской АЭС (Балаково);

Уральский ФО – площадка ФГУП «ПО «Маяк» (Озерск);

Сибирский ФО – площадки АО «СХК» (Северск) и ФГУП «ГХК» (Железнодорожск);

Дальневосточный – район филиала «ДальРАО» отд. Фокино (г. Фокино);

Южный и Северо-Кавказский ФО – рекомендовано использовать мобильные центры переработки/осуществлять переработку РАО в Центральном или Приволжском ФО.

Выполненное сравнение затрат на транспортирование РАО при использовании автомобильного и железнодорожного видов транспорта показало границы их применимости. Так, использование железнодорожного транспорта для перевозки РАО эффективно при условии наличия на предприятии отправления и на предприятии назначения своей железнодорожной инфраструктуры, имеющей прямое сообщение с сетью железнодорожных магистралей ОАО «РЖД» и расстояние между этими предприятиями превышает 500 км. В случае, если хотя бы одно из предприятий не имеет своей железнодорожной инфраструктуры, то, учитывая дополнительные затраты на перегрузочном пункте, а также риски, связанные с необходимостью перегрузки РАО, применение железнодорожных перевозок целесообразно только при расстояниях между предприятиями свыше 1 500 км.

В.С. ГУПАЛО, А.И. ФЕЩЕНКО
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР ОБРАЩЕНИЯ
С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ В ЕГСО РАО

ЛИТЕРАТУРА

1. **БАРИНОВ А.С., ВАРЛАКОВ А.П.** Совершенствование технологии цементирования РАО. [Электронный ресурс] ГУП МосНПО «Радон». Режим доступа: http://www.radon.ru/MAGAZINE/03_2008/BOS_308_Zementirovanie_RAQ.pdf
2. **Гупало В.С., Маслов М.В., Чистяков В.Н.** Исследование схем обращения с накопленными радиоактивными отходами в целях их подготовки для окончательной изоляции // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 1.
3. **ДМИТРИЕВ С.А., СТЕФАНОВСКИЙ С.В.** Обращение с радиоактивными отходами. М.: РХТУ, 2000.
4. **МАСЛЕННИКОВ И.А., РОМАНОВСКИЙ В.Н., СМЕРНОВ И.В.** Установки для переработки РАО на российских предприятиях // Безопасность Окружающей Среды. 2010. № 1.
5. **Маслов М.В., Чистяков В.Н., Гупало В.С.** Построение экономических моделей обращения с накопленными радиоактивными отходами в целях оптимизации схем подготовки для окончательной изоляции // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 3.
6. **НИКИФОРОВ А.С., КУЛИЧЕНКО В.В., ЖИХАРЕВ М.И.** Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. М.: Энергоатомиздат, 1985.
7. **ПОЛУЭКТОВ П.П.** Технологии кондиционирования РАО для подготовки к длительному хранению и захоронению в РФ. [Электронный ресурс] ВНИИИМ им. А.А. Бочвара. Режим доступа: https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/CEG/documents/ws062006_4R.pdf

Гупало Владимир Сергеевич,
д.т.н., директор по науке и инновациям АО «ВНИПИпромтехнологии»,

✉ e-mail: Gupalo.V.S@vnipt.ru

Фещенко Алексей Игоревич,
ведущий экономист Центра развития технологий подземной изоляции РАО и ОЯТ АО «ВНИПИпромтехнологии»

✉ e-mail: no@email.com

✉ 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 33