

## ЕГС РАО в действии

Несколько последних десятилетий, когда создавался ядерный щит СССР/России, а это была чрезвычайно масштабная и важнейшая задача в те годы, проблемы обращения с радиоактивными отходами (РАО) откладывались «на потом». В результате возникло т.н. «ядерное наследие» – поверхностные водоемы-хранилища ЖРО, непроектные и построенные «на скорую руку» могильники и пункты глубинного захоронения, радиационно-загрязненные территории и пр. Кому они принадлежали, кто за ними следил и за них отвечал? Ответов на эти вопросы не было и, в конце концов, назрело создание ЕГС РАО – Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами. Постановлением правительства<sup>1</sup> определены три этапа ее создания:

1. Разработка нормативной и организационной основ системы, первичная регистрация РАО и мест их размещения. В настоящее время этот этап завершен, документация разработана и завершена инвентаризация отходов.
2. Создание системы захоронения низкоактивных и среднеактивных РАО. В настоящее время этот этап выполняется и цель настоящей публикации проинформировать читателей о некоторых результатах последних лет (2016...2018 гг.), тем более что проблемы отходов, и не только радиоактивных, становятся актуальными. Немаловажно и то, что за последнее десятилетие произошло принципиальное изменение ситуации в сфере обращения с РАО.
3. Создание системы захоронения ВАО (высокоактивных РАО), перевод пунктов размещения особых РАО в пункты консервации особых РАО и пунктов консервации особых РАО в пункты захоронения РАО, включая ввод в эксплуатацию пунктов захоронения низкоактивных и среднеактивных радиоактивных отходов и осуществление захоронения этих отходов объемом до 200 000 м<sup>3</sup>. К выполнению этого этапа приступили.

Так, в соответствии с Федеральным законом «Об обращении с радиоактивными отходами...» (№190-ФЗ, 2011) в настоящее время разграничена ответственность предприятий и государства за РАО. Государство приняло на себя ответственность за накопленные РАО, т.е. за решение проблем наследия, а обращение с вновь образующимися отходами законодательно возложено на предприятия. Попросту говоря, захоронение накопленных РАО осуществляется за счет государства, вновь образованных - за счет средств предприятий. Для этого расходы на обращение с РАО заложены в себестоимость продукции текущего, а не будущего периода, т.е. проблемы обращения с РАО сняты с будущих поколений и, тем самым, практика «на потом» прекращена. Одновременно сформирована специализированная организация – национальный оператор (НО РАО), в задачи которого входит создание необходимой для этого инфраструктуры и обеспечение безопасного захоронения РАО.

Для решения накопившихся проблем была разработаны федеральные целевые программы. Первая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» была выполнена в 2015 г., вторая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года» принята в 2016 г. На этих программах базируется развитие ЕГС РАО.

Итоги ФЦП-1 описаны ранее, сосредоточимся на основных итогах первых трех лет ФЦП ЯРБ-2<sup>2</sup>. В 2016-2018 гг. в рамках ФЦП-2 были организованы работы по более чем 80 контрактам (табл. 1), из которых более 50 непосредственно предусматривали работы по тематике обращения с РАО.

<sup>1</sup> №1185 «Об определении порядка и сроков создания единой государственной системы обращения с РАО» от 19.11.2012

<sup>2</sup> Абрамов А. А., Дорофеев А. Н., Дерябин С. А. Развитие ЕГС РАО в рамках работ по федеральной целевой программе обеспечения ядерной и радиационной безопасности // Радиоактивные отходы, 2019, № 1(6) С 8-24

Таблица 1. Основные направления деятельности по тематике РАО в 2016–2018 гг.

Направление	Кол-во контрактов	Исполнители	Объекты проведения/тематика
Извлечение из мест хранения, переработка, кондиционирование ранее накопленных РАО	26	«РАДОН», «РосРАО», АО «Концерн Росэнергоатом», АО «ЭКОМЕТ-С», ПО «Маяк», РФЯЦ-ВНИИТФ, ЗАО «НПО «Энергоатоминвент»	АЭС, хранилища РАО РАДОН, «Атомфлот», «РосРАО», РФЯЦ-ВНИИТФ, ОАО «Забайкальский горно-обогатительный комбинат», НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», участки радиоактивного загрязнения в Московской и Ульяновской областях
Консервация пунктов размещения особых РАО	8	АО «СХК», ПО Маяк, АО «РАОПРОЕКТ», «РосРАО», АО «ОДЦ УГР»	Выполнение строительных работ. Технологические бассейны Б-1, Б-24 СХК, ТКВ, В-9 ПО «Маяк», хранилища РАО г.Кирово-Чепецк
Развитие инфраструктуры захоронения РАО	22	НО РАО, АО «ВНИПИпромтехнологии», АО «ФЦНИВТ, СНПО «Элерон», ИБРАЭ РАН	Выполнение проектно-изыскательских и строительного-монтажных работ, поставка оборудования. Нижнеканский массив, г.Новоуральск; ЗАТО Северск, Томская область; ЗАТО Озерск, Челябинская область; «Радон», г.Сергиев Посад, Московская обл.
Научное обеспечение безопасности и эффективности	17	АО «ВНИПИпромтехнологии», ГЕОХИ РАН, АО «ФЦЯРБ», ИБРАЭ, АО «Радиевый институт», ФБУ «НТЦ ЯРБ», ИФХЭ РАН, ПО Маяк, НО РАО, АО «НЕОЛАНТ»	Технологии кондиционирования РАО, нормативно-правовое обеспечение деятельности по обращению с РАО, совершенствование ЕГС РАО

Основной объем работ был реализован в Концерне «Росэнергоатом», который в наибольшей степени заинтересован в удалении накопленных РАО и обеспечивает внебюджетное финансирование работ.

Ниже приведен перечень организаций, на которых в период 2016-2018 годы в рамках ФЦП ЯРБ-2 выполнялись работы по извлечению РАО, их переработке, приведению к критериям приемлемости для захоронения и передаче на захоронение.

Таблица 2. Объем РАО, переданных на захоронение

Организация	Объем РАО, переданный на захоронение, тыс.м <sup>3</sup>
Балаковская АЭС	5,5
Ленинградская АЭС	3,2
Смоленская АЭС	2,7
Курская АЭС	1,9
Атомфлот	0,8
Экомет-С	0,2
АО «АЭХК»	0,1
Минобрнауки России	0,8
Минобороны России	
Итого	15,3

Во многих случаях кондиционирование накопленных РАО требует разработки специальных методов. В качестве примера таких работ можно рассматривать переработку ЖРО, представленных смазывающими охлаждающими жидкостями, накопленных в пункте хранения РФЯЦ-ВНИИТФ. К началу ФЦП ЯРБ-2 их общий объем составлял около 750 м<sup>3</sup>.

Переработанные отходы в стальных бочках размещались в контейнерах КРАД-1,36 и передавались на временное хранение. В результате работ, выполненных в период 2016-2018 гг. было извлечено и переработано около 385 м<sup>3</sup> СОЖ.

На «ПО «Маяк» длительное время хранились отслужившие свой срок радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ) (44 шт.). Целью работы являлась их разборка и размещение извлеченных радионуклидных источников на долговременное хранение. На конец 2018 года выполнены работы по разборке всех находящихся на ПО «МАЯК» РИТЭГ. Кроме того, на ПО «МАЯК» осуществлен вывоз 34 РИТЭГ из Дальневосточного центра по обращению с радиоактивными отходами «ДальРАО» ФГУП «Рос-РАО». Было проведено обследование всех РИТЭГ и выполнена разработка конструкторской документации на новые транспортные упаковки взамен непригодных, в которых долгое время хранились РИТЭГ. К концу 2018 года изделия были доставлены в ПО «Маяк» и досрочно начаты работы по их разборке для последующего кондиционирования. В настоящий момент Дальний Восток полностью освобожден от потенциально опасных изделий подобного типа. С конца 2000-х годов были демонтированы и вывезены в централизованные хранилища 1007 РИТЭГ, включая размещенные на трассе Северного морского пути, г.Североморск, ДВЦ «ДальРАО», акватории Балтийского моря и Антарктиды.

Относительно небольшие по объемам финансирования в рамках ФЦП, но важные работы, выполнялись на объектах ФГУП «ПО «Маяк» – наблюдение и корректирующие действия на оз.Карачай и Теченском каскаде водоемов, который занимает первое место по объемам хранимых ЖРО.

На начальном этапе в рамках ФЦП ЯРБ-1 была проведена отсыпка берегов оз.Карачай и вместо «блюдецобразной чаши» появился водоем с крутыми береговыми откосами, т.е. «блюдце превратили в стакан». Для такой конфигурации понижение уровня воды приводило к минимальным площадям обнаженных берегов. В 2015 г. акватория озера была закрыта, однако работы по созданию полноценного гидроизолирующего экрана будут продолжаться и после 2017 года в рамках ФЦП ЯРБ-2 с учетом ввода в эксплуатацию комплекса цементирования, фактического уровня водности и уточнения параметров поведения отходов при их осушении. Таким образом, в результате реализации программы, продолжавшиеся почти 40 лет работы по закрытию акватории, завершены.

Последние ~50 лет в верховье р.Теча эксплуатируется сложная гидротехническая система с рядом водоемов, ограждающих дамб и обводных каналов, которая получила название Теченского каскада водоемов (ТКВ). Вода в ТКВ классифицируется как низкоактивные отходы (НАО). При этом основная часть радионуклидов депонирована в донных отложениях. Удельная активность радионуклидов в воде водоема В-11 превышает установленные в России санитарные нормы только для <sup>90</sup>Sr.

Безопасность ТКВ зависит, прежде всего, от надежности последней дамбы, как барьера, препятствующего попаданию НАО в открытую гидрографическую систему и, во вторых, от уровня воды в ТКВ. Так, максимальный уровень 217,23 м был достигнут летом 2003 г., когда до аварийного водосброса 218,14 м. оставалось менее метра. Перелив воды и разрушение плотины имело бы более чем серьезные последствия, поэтому в рамках ФЦП ЯРБ-1 плотина была усилена.

Однако проблема понижения уровня воды осталась. Наиболее лучший выход – строительство на этом водоеме ЮУ АЭС. Выводы основных публикаций по проблеме АЭС: **2011.** Необходимо создать мощный (до 10...25 млн. м<sup>3</sup>/год) техногенный источник водопонижения - выпарную установку, тепловую (и/или атомную) электростанцию. **2015.** Установлена целесообразность и возможность размещения на ТКВ ядерного многоцелевого энергокомплекса. Для его сооружения (P=2400 МВт, эл.) потребуется не менее 170 млрд руб.

Для гарантированного (вне зависимости от погодных условий) обеспечения безопасной эксплуатации ТКВ на заданных проектных отметках водоёма В-11 (215,0-217,32 м) необходимо создать мощный (до 10-25 млн.м<sup>3</sup>/год) техногенный источник водопонижения

– "энергетический источник" или установку очистки и последующего сброса очищенной воды в открытую гидрографическую сеть. В качестве «энергетического источника» можно рассматривать выпарную установку, тепловую (и/или атомную) электростанцию.

Характерной особенностью всех существующих альтернативных вариантов водопонижения ТКВ, при отказе от строительства "энергетического источника" на ТКВ, является отсутствие технически обоснованных и экономически оправданных решений. Существующие оценки показывают, что очистка дебалансной воды ТКВ (~10 млн. м<sup>3</sup>/год) с использованием даже наиболее перспективной технологии - метода обратного осмоса - потребует инвестиций и эксплуатационных расходов (за 65 лет) сопоставимых в сумме со стоимостью одного блока АЭС (ВВЭР-1200).

Таким образом, задача кондиционирования и захоронения РАО успешно реализуется и соответствует по объемам и темпам значениям целевых показателей, предусмотренным ФЦП ЯРБ-2 как в части работ по удалению РАО и консервации особых РАО, так и в части сооружения ПЗРО. При этом качество выполняемых работ следует определить как удовлетворительное и имеющее выраженные перспективы повышения эффективности.

Справедливости ради следует отметить, что объемы РАО несопоставимы с бытовыми и промышленными отходами. Так, бытовых отходов в сотню раз больше, а промышленных в тысячи.

Порядок обращения с низко- и среднеактивными РАО проблем не вызывает, все трудности связаны с высокоактивными отходами. Один из способов обращения с ВАО – их захоронение в глубоких геологических формациях, но сразу же возникают вопросы надежности, миграции отходов с учетом водопроводящих свойств, тепловых режимов и пр. Самый лучший способ снять все проблемы – продемонстрировать глубинное захоронение на действующем макете.

В настоящее время на участке «Енисейский» Нижнеканского горного массива вблизи г.Железногорска создается подземная исследовательская лаборатория (ПИЛ). Цель ее создания - возможность исследований и демонстрации реализуемости технологических процессов обращения с ВАО в реальных геологических условиях и с соблюдением реальных пространственных масштабов.

В настоящее время в мире функционирует 25 ПИЛ различного назначения. Наиболее близкие по целям — специальная (на месте захоронения) и по вмещающей породе (граниты-гнейсы) действующая ПИЛ ONKALO (Финляндия) и планируемая к сооружению (начало строительства в 2020 году) в Китае (провинция Бейшан (Beishan)).

Облик будущей российской ПИЛ<sup>3</sup> сформирован для решения конкретных задач, в частности:

- характеризации горного массива (детальное изучение геологического строения, механических, гидрогеологических и геохимических условий), включая выявление



**Источник информации**

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году»

**Образующиеся отходы в РФ (2017)**

- > Всего отходов 6220,6 млн.т./г
- > ТКО 274,4 млн.т./г (~4,5%)
- > РАО 1,6 млн.куб.м./г (~0,05%)

**Наклено отходов в РФ**

- > Всего отходов ~40,7 млрд.т.
- > РАО 564 млн.куб.м., из них 553 млн.куб.м – «ядерное наследие»



<sup>3</sup> Абрамов А.А., Большов Л.А., Дорофеев А. Н., Игин И.М., Казаков К.С., Красильников В.Я., Линге И И., Трохов Н.Н., Уткин С.С. Подземная исследовательская лаборатория в Нижнеканском массиве: эволюционная проработка облика // Радиоактивные отходы. 2020. № 1 (10). С. 9–21.

- зон трещиноватости и изучение их водопроводящих свойств с целью окончательного обоснования пригодности площадки для сооружения ПГЗРО;
- проведения натурных экспериментов для изучения поведения материалов и конструкций инженерных барьеров в условиях максимально приближенных к реальным с учетом всех воздействующих факторов, в том числе: давления и тепловых нагрузок, геохимических и биохимических особенностей массива и подземных вод, изменения состояния массива при проведении строительных и горнопроходческих работ;
  - демонстрации обоснованности оценки безопасности объекта регулирующим органам и широкой общественности, подтверждение достоверности параметров и моделей, использованных при выполнении расчетных оценок;
  - отработки технологических процессов при эксплуатации ПГЗРО – подготовка горных выработок для размещения упаковок с РАО, их транспортировки, герметизации горных выработок.

Таким образом, имеет место принципиальное изменение ситуации с РАО за последние 10 лет и современное развитие ЕГС РАО обеспечивает экологическую, социальную и финансовую приемлемость отечественной практики обращения с РАО.