

ЛИКВИДАЦИЯ ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ В КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ РОССИИ КАК УСЛОВИЕ РАДИАЦИОННОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ АРКТИКИ

О. В. Крюков, А. А. Абрамов

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» (Москва, Российская Федерация)

И. И. Линге, А. Ю. Иванов

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (Москва, Российская Федерация)

Рассматриваются вопросы реализации решения проблем ядерного наследия в целом и в арктическом регионе в частности. Дан обзор работ по объектам ядерного наследия и результатов, достигнутых в рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года», в разрезе трех аспектов: комплекс мероприятий по развитию инфраструктуры и повышению безопасности прибрежных объектов; мероприятия по ряду эксплуатирующих организаций, имеющие характер тылового обеспечения работ, проводимых непосредственно в Арктике; снижение уровня рисков, связанных с существованием объектов наследия в континентальной части России. Рассмотрен комплексный подход к обеспечению радиационного благополучия Арктики как один из немногочисленных примеров экологического оздоровления.

Ключевые слова: ликвидация, Арктика, ядерное наследие, ОЯТ, РАО, ядерная и радиационная безопасность, радиационное благополучие.

Статья поступила в редакцию 28 августа 2017 г.

Введение

Государственная политика в сфере обеспечения ядерной и радиационной безопасности имеет ярко выраженную экологическую направленность, поскольку конечной целью большинства работ является приведение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отходов (РАО), а также оставленных ядерно- и радиационно-опасных объектов (ЯРОО) в экологически безопасное состояние. Один из географических приоритетов в этой работе — Арктика. Указанные обстоятельства в совокупности с проходящим в России в 2017 г. годом экологии стали основным мотивом для подготовки настоящей статьи.

Радиационная составляющая в меняющейся палитре экологических рисков и угроз для арктического региона занимала, занимает и будет занимать особое место. На протяжении последних 70 лет можно выделить несколько принципиально различающихся периодов. Радиационное благополучие естественного состояния Арктики (в основном до 1945 г.) сменилось быстрым нарастанием радиоактивного

загрязнения вследствие испытаний ядерного оружия, в особенности на Новоземельском полигоне, сбросов радиохимических производств СССР, в том числе химических комбинатов (ПО «Маяк», Сибирского химического комбината — СХК, Горно-химического комбината — ГХК), Великобритании и Франции, а затем и эксплуатацией атомных подводных лодок и атомного ледокольного флота с практикой захоронения РАО в морской среде [1; 2].

Прекращение размещения РАО в морской среде существенно изменило соотношение фактических вкладов различных источников в поступление радиоактивных веществ в арктические моря и в еще большей степени — в картину рисков и угроз. Этот второй период, продолжавшийся до недавнего времени, можно охарактеризовать как период нарастания рисков, связанных с объектами инфраструктуры атомного флота, собственно атомными подводными лодками и надводными кораблями с ядерными энергетическими установками, рядом из некоторых ранее затопленных объектов, а также рисков, связанных с объектами ядерного наследия континентальной части России.

В настоящее время можно констатировать предпосылки для наступления нового периода — радиационного оздоровления Арктики. Несомненно, решающую роль в этом сыграло решение Правительства России о передаче береговых технических баз и выведенных из состава ВМФ судов в ведение Минатома, а также организованные им работы по комплексной утилизации атомных подводных лодок и реабилитации береговых технических баз, выполненные в рамках соответствующей федеральной целевой программы и «Глобального партнерства» [1—3]. Однако нельзя недооценивать и работы по повышению безопасности объектов ядерного наследия в континентальной части России, в том числе в контексте снижения рисков радиационных аварий. К этим рискам надо относиться взвешенно — удаленность основных объектов ядерного наследия от арктических морей играет положительную роль. Так, несмотря на масштабы сбросов в реку Теча (Обско-Иртышский бассейн) в первые годы функционирования ПО «Маяк», поступление радиоактивных веществ в Карское море оказалось весьма ограниченным. Аналогична ситуация и с Горно-химическим комбинатом — хотя следы его функционирования прослеживаются на протяжении всего течения Енисея, но какие-либо выраженные последствия для моря Лаптевых отсутствуют.

Решение проблем с помощью федеральной целевой программы

Масштабные работы по объектам ядерного наследия начались в 2008 г. в рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ) [4]. Отметим, что для арктического региона принципиальное значение имели три аспекта.

Во-первых, программа предусматривала комплекс мероприятий по развитию инфраструктуры и повышению безопасности прибрежных объектов, в том числе объектов ФГУП «Атомфлот», ФГУП «РосРАО», Центр судоремонта «Звездочка». В этом же русле и выполненные работы по утилизации ряда судов атомного технологического обслуживания и радиоизотопных термоэлектрических генераторов (РИТЭГ). В целом более 20 мероприятий программы было ориентировано на решение подобных задач. Итоги этих работ в данной статье детально не рассматриваются, поскольку заслуживают отдельного более пристального представления.

Во-вторых, мероприятия программы по ряду эксплуатирующихся организаций (ФГУП «ПО «Маяк», АО «НИИТФА», НИЦ «Курчатовский институт», АО «Атомспецтранс» и др.) имели характер тылового обеспечения работ, проводимых непосредственно в Арктике. Это прежде всего работы по объектам ПО «Маяк», куда из региона Арктики отправляется для переработки ОЯТ транспортных реакторов. Напомним, что в 2003—2007 гг. состояние безопасности ряда объектов предприятия было настолько

тревожным, что потребовались указания президента России для выработки нерядовых экстренных мер. И только разработка и реализация этих мер обеспечили продолжение функционирования завода по переработке ОЯТ. Вопросы обращения с ОЯТ и РАО в контексте регулирования и лицензирования с отдельным рассмотрением ситуации относительно ПО «Маяк» стали темой специального заседания контактной экспертной группы МАГАТЭ в мае 2009 г. Прогресс в работах по объектам предприятия стал своеобразным пропуском для обеспечения финансирования работ в рамках «Глобального партнерства».

В-третьих, это снижение уровня рисков, связанных с существованием объектов наследия в континентальной части России. Имеются вполне веские доводы, чтобы рассматривать риски для арктического региона, связанные с объектами наследия в континентальной России, как серьезные. Самый значимый из них — оценки поступления радиоактивных веществ в бассейн Черного моря вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Наиболее авторитетные из них содержатся в работе [5], согласно которой в Черное море в результате атмосферных выпадений и с водами Днепра и Дуная поступило от 1,7% до 6,6% инжестрированного в окружающую среду ^{137}Cs и от 3,7% до 38,8% ^{90}Sr . И хотя последнее значение кажется заметно завышенным, сама величина (примерно 0,5 ПБк) представляется весьма внушительной. Впечатляют и оценки чернобыльских выпадений в арктическом регионе — это более 5% общего поступления в арктические моря радионуклидов стронция и цезия [2].

Рассматривая итоги работ, в первую очередь отметим, что реализация ФЦП ЯРБ позволила принципиально изменить подход к управлению и организации деятельности по решению накопленных в прошлом проблем. Напомним, что при обосновании мероприятий завершенной программы и при формировании новой на 2016—2030 гг. вопрос оценки рисков, связанных с конкретными объектами наследия, был доминирующим. Однако если в 2006—2007 гг. он представлял собой преимущественно экспертную и ориентированную на краткосрочные перспективы составляющую, то при обосновании новой программы — на период до 2030 г. — он имел принципиально иную основу. Эту новую основу составляли три компонента: во-первых, систематизация данных по объектам наследия и оценка их состояния, в том числе в долгосрочной перспективе [6]; во-вторых, систематизация научных данных по проблеме, осуществленная в рамках НИОКР, финансирование которых за 2008—2015 гг. составило более 6 млрд руб. Напомним, что по некоторым наиболее опасным объектам был получен и систематизирован чрезвычайно большой объем научных данных. Например, комплекс карт радиоактивного загрязнения водоема Карачай был удостоен премии Правительства России в области науки и техники. Наконец, это развернутые в 2010—2017 гг. системы мониторинга, среди



Рис. 1. Организации и объекты Уральского федерального округа, в отношении которых проводились работы в рамках ФЦП ЯРБ

которых следует отметить: систему радиоэкологического мониторинга [7] и территориальные системы мониторинга радиационной обстановки [8], а также мониторинг эффективности реализации мероприятий, направленных на обеспечение ядерной и радиационной безопасности [9]. При этом защита поверхностных и подземных вод, являющихся в том числе одним из источников радиоактивного загрязнения морей Арктики, в краткосрочном и долгосрочном временных горизонтах была и остается одним из главных критериев реализации всех практических мероприятий по объектам [10].

Кратко остановимся на итогах систематизации данных по объектам наследия. Была проведена инвентаризация всех ЯРОО с количественным определением комплексного показателя опасности объекта, который учитывает радионуклидный состав материалов, находящихся в объекте, а также состояние инженерных барьеров безопасности, степень достоверности знаний о характеристиках материалов, содержащих радионуклиды [6]. Стоит отметить, что рассматривались и иные подходы к ранжированию объектов, в том числе основанные на оценке аппроксимированного риска и оценке максимальных последствий потенциальных радиационных аварий. В отношении объектов размещения РАО помимо инвентаризации была проведена первичная регистрация РАО и условий их размещения с определением стратегии по каждому пункту хранения (РАО удаляются, проводится долгосрочное хранение или захоронение на месте). При обосновании отнесения к особым РАО применялись критерии, учитывающие дозы и риски в различных вариантах

стратегий (удаление или захоронение на месте) за весь период потенциальной опасности [11].

Вопросы оценки рисков — важный элемент планирования и оценки эффективности реализации работ по обеспечению ЯРБ. При реализации ФЦП ЯРБ для более 100 объектов уровень опасности снижен на принципиальные величины, в шкале комплексного показателя — более чем в 1000 раз. В целом реализация данного метода позволяет предотвратить неконтролируемое достижение высоких уровней опасности и необходимость принятия срочных мер, а также обеспечить долгосрочное планирование реализации мероприятий, что тем более актуально в условиях ограниченности объемов финансирования.

Проблемные ситуации континентальной части России

Рассмотрим более подробно некоторые наиболее проблемные ситуации континентальной части России в контексте причин их формирования, оценки результатов выполненных практических работ и исключения возможности повторения.

Уральский федеральный округ, основная часть территорий которого относится к Обско-Иртышскому бассейну, длительное время характеризовался наибольшим в России и мире объемом нерешенных проблем ядерного наследия. В этом регионе и был реализован самый крупный блок мероприятий ФЦП ЯРБ. Они проводились и на территории промышленных предприятий, и на отдельных объектах — местах проведения мирных ядерных взрывов, размещения РИТЭГ (рис. 1).

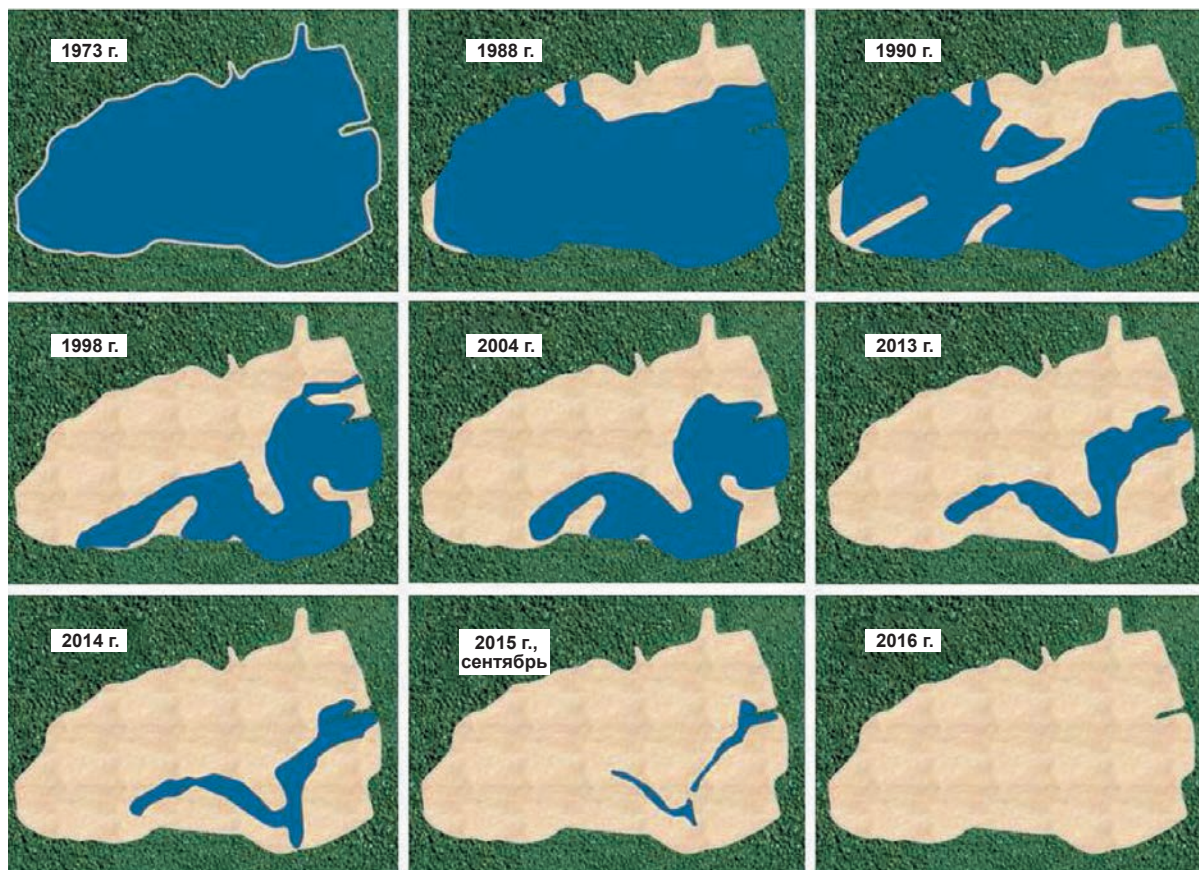


Рис. 2. Этапы закрытия акватории водоема В-9 (озеро Карачай) [7]

Производственное объединение «Маяк»

На ПО «Маяк» уже через месяцы после начала работы реакторного и радиохимического производств в 1949 г. начали формироваться крупные радиационно-опасные объекты, до настоящего времени несущие риски радиационному благополучию бассейнам рек Теча, Исеть, Иртыш и Обь. Особые условия предопределили тактику радиационной защиты того времени. Она представляла собой череду полумер, ориентированных на снятие наиболее острых проблем.

Краткая история формирования защитных полумер такова. Осенью 1951 г. основные сбросы в Течу, достигавшие величин $2-3,7 \cdot 10^{11}$ Бк/сут, направлялись в бессточное болото Карачай. В 1951—1964 гг. на Тече сооружался каскад промышленных водоемов. В целом на предприятии формировалась система водоемов, которая кроме В-9 (Карачай) и Теченского каскада водоемов (ТКВ) включала в себя еще и В-17, В-2 и В-6. Неблагополучие ситуации в краткосрочной перспективе проявилось уже в 1967 г. в отношении В-9, когда произошли ветровой вынос активности и повторное загрязнение прилегающих территорий. Во втором случае, уже в 2003 г., возникла угроза переполнения замыкающего водоема каскада и гидродинамической

аварии с выносом более 200 млн м³ загрязненных вод с высоким содержанием стронция — экологически мобильного радионуклида. Для снижения этих угроз также реализовывалась прежняя тактика — снижались общее водопотребление и сбросы производств, укреплялась плотина, расчищались обводные каналы и т. д.

В целостном виде, полностью исключая возможность повторения неблагоприятных сценариев, защитные мероприятия стали реализовываться только в рамках ФЦП ЯРБ. В настоящее время можно констатировать, что в регионе расположения предприятия уже реализован, а также запланирован и реализуется комплекс мер, которые существенно смягчили обстановку и ведут к окончательному решению проблем. Кратко охарактеризуем этот комплекс мер.

Во-первых, это закрытие акватории крупнейшего по запасам радиоактивности приповерхностного хранилища жидких РАО В-9 (озеро Карачай), рассматриваемое нами как важный этап большой работы, которая должна быть продолжена. Для полного предотвращения разгрузки накопленной активности в открытую гидрологическую сеть должен быть выполнен завершающий этап — создание мощного экрана, исключая возможность

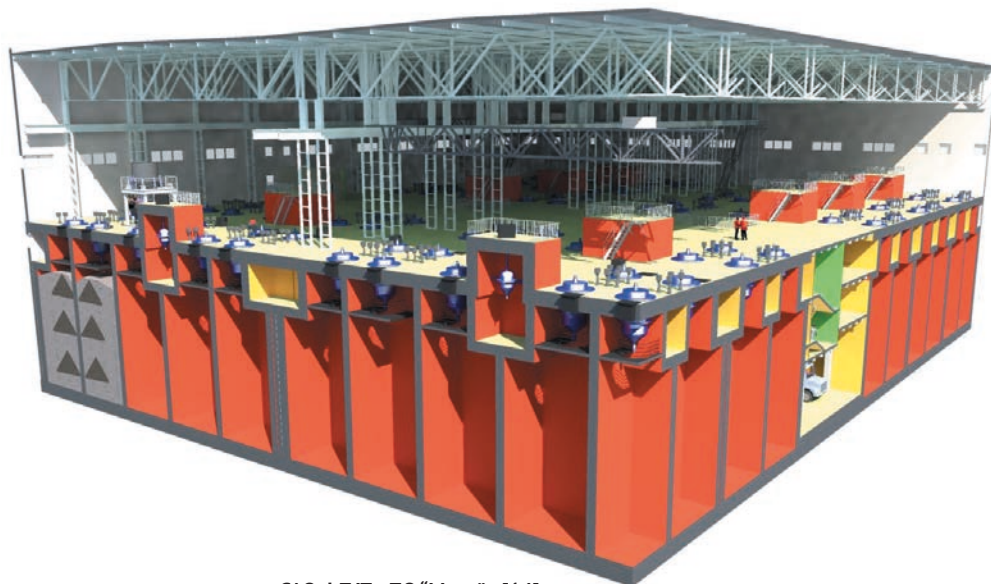


Рис. 3. Схема комплекса цементирования САО ФГУП «ПО «Маяк» [14]

поступления воды. Справедливости ради следует отметить, что и этот этап был достаточно длительным и сложным (рис. 2).

Эта сложность была обусловлена:

- зависимостью от климатических условий — повышенная водность, приведшая к росту уровня с середины 1980-х годов более чем на 2 м (на момент начала эксплуатации в 1951 г. средняя глубина составляла 0,8 м, максимальная — 1,25 м) [13] не позволяла продолжать работы;
- необходимостью создания замещающих мощностей по обращению с РАО — комплекса цементирования жидких и гетерогенных средне-активных отходов (САО) (рис. 3);
- совершенно нерядовыми радиационными условиями, требовавшими применения специальных технологий и техники (для закрытия водоема блоками использовалась дополненная свинцовой защитой инженерная машина разграждения, предназначенная для разборки завалов и создания проходов в очагах ядерного поражения — рис. 4).

В 2015 г. работы по закрытию акватории водоема были завершены. В рамках ФЦП ЯРБ-2 будут выполнены мероприятия по минимизации

уже долгосрочных рисков, обусловленных возможным расширением ареала загрязнения подземных вод за пределы относительно безопасного прогнозного уровня.

Во-вторых, кроме работ по промышленным водоемам был реализован комплекс мер по снижению экологической опасности промышленной площадки, отдельные участки которой были загрязнены вследствие аварии 1957 г. Ключевая роль в снижении этой опасности принадлежит созданию системы общесплавной канализации, которая перехватывает дождевые и бытовые стоки от объектов, расположенных на промышленной площадке, очищает их и отводит в левобережный канал, тем самым обеспечивая отвод более 4,5 млн м³ в год от ТКВ.

В-третьих, повышение безопасности ТКВ — крупнейшего в мире хранилища жидких РАО (по объему загрязненных вод) являлось одной из ключевых задач программы. С 1980-х годов уровень воды в водоеме В-11 начал стремительно приближаться к критической отметке, при этом не существовало реальных механизмов управления объектом. Среди причин — региональное повышение водности (рис. 5),



Рис. 4. Применение инженерной машины разграждения [13]



Рис. 5. Динамика изменения уровня воды в водоеме В-11 в период до 1980 г. (слева) и в период 1980–2003 гг. (справа) [15]

усиленное резким снижением тепловых сбросов, обусловленным прекращением эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов. За последние десять лет модернизированы и реконструированы гидротехнические сооружения, в том числе произведено укрепление замыкающей плотины П-11, развита система мониторинга состояния ее безопасности, сооружены и обоснованы режимы эксплуатации порогов-регуляторов уровня на каналах водоемов В-10 и В-11 в створах плотин П-10 и П-11, созданы установки очистки технологических низкоактивных жидких РАО, проведены ресурсные испытания установок очистки воды самого ТКВ и поступающих в него нетехнологических отходов.

Примечательно, что вопросы безопасности проработаны на долгосрочный период. Разработан «Стратегический Мастер-план комплексного решения проблем ТКВ», в котором ясно очерчены перспективы на длительный период [12] вплоть до снятия с регулирующего контроля (рис. 6).

В-четвертых, созданы новые установки по переработке жидких отходов различных типов — цементирования, остекловывания и др. Значительное развитие получил завод по переработке ОЯТ, что позволило существенно расширить номенклатуру переработки накопленного ранее топлива, в том числе транспортных реакторов.

Сибирский химический комбинат

Сибирский химический комбинат, расположенный в непосредственной близости от реки Томь, в 1970-е годы был одним из самых крупных ядерных объектов мира. В начальный период работы предприятия была принята более развитая схема обращения с ЖРО. Использование открытых бассейнов также предусматривалось, но в качестве промежуточных этапов обращения. Сооружение бассейнов Б-1, Б-2 и Б-25 проводилось с учетом тяжелого опыта ПО «Маяк»: были проведены необходимые изыскательские работы и предусмотрены изолирующие слои из

слабопроницаемых глин. В начале 1980-х годов начало формироваться понимание того, что открытые хранилища ЖРО остаются потенциально опасными для окружающей среды как источники радиоактивного загрязнения, в том числе и подземных вод. Для исключения этой потенциальной опасности в 1982 г. был прекращен сброс ЖРО в бассейны Б-1 и Б-2, а также принято решение об их консервации. Однако работы по консервации растянулись на много лет из-за недофинансирования. Консервация Б-2 завершилась только в 2012 г., в результате чего многократно снизился гамма-фон на территории бывшего бассейна. По бассейнам Б-1 и Б-25 работы продолжают и оказываются весьма дорогостоящими. Главная причина — выход радиоактивности за пределы инженерных барьеров, в данном случае глиняных замков бассейнов вследствие дефектов производства работ в период их создания. Для прекращения распространения активности потребовалось создать противодиффузионные завесы. Такие технологии были предложены и реализованы. Но для управления работами надо было извлечь урок — создание долговременных защитных барьеров требует тщательного обоснования и надежной системы контроля качества.

Это было учтено при организации работ по выводу из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора (ПУГР ЭИ-2) на СХК. ЭИ-2 использовался по двойному назначению — для выработки оружейного плутония и для выработки электроэнергии и тепла. ПУГР — особо крупный и сложный объект: собственно реакторная установка расположена под землей, к ней примыкают хранилища РАО. К этому нужно добавить сложную радиационную обстановку с высокими уровнями наведенной активности, просыпями ядерных материалов и радиоактивным загрязнением вследствие нарушений в работе и аварий. Опыта вывода ПУГР из эксплуатации ни в России, ни в мире не было. Реализация мероприятий потребовала большого количества НИОКР по



Рис. 6. Основные вехи принятой в настоящее время к реализации стратегии управления ТКВ

разработке и обоснованию применяемых технологий и материалов. В результате впервые в мире выведен из эксплуатации ПУГР по варианту «захоронение на месте» с созданием системы контроля надежности изолирующих барьеров. Объекту присвоен статус пункта размещения особых РАО.

Горно-химический комбинат

Река Енисей, в верховьях и на притоках которой расположены крупные предприятия ядерного комплекса, также оказалась вовлеченной в межрегиональный транспорт техногенных радионуклидов. На Горно-химическом комбинате, расположенном вблизи Красноярска, вплоть до 1992 г. работали прямоточные ПУГР — наработчики плутония, а охлаждающая вода сбрасывалась в Енисей. Локальные загрязнения донных отложений и поймы, в том числе так называемыми горячими частицами, до недавнего времени были причиной серьезной обеспокоенности общественности. В рамках ФЦП ЯРБ проведен комплекс работ по изучению радиационной обстановки участков поймы Енисея протяженностью 400 км, оценены риски воздействия радиации на население. По нескольким участкам организовано проектирование реабилитационных работ.

На Красноярском химкомбинате также проводились работы по снижению рисков, связанных с поверхностными бассейнами-хранилищами ЖРО. Специфика ситуации по ГХК состояла в том, что

ряд бассейнов находился в шаговой доступности от русла реки, а на площадке комбината ведется сооружение крупного по мировым меркам комплекса по обращению с ОЯТ. Он включает реконструированное мокрое хранилище ОЯТ ВВЭР-1000, сухое хранилище ОЯТ ВВЭР-1000 и РБМК-1000, Опытно-демонстрационный центр (ОДЦ) переработки ОЯТ, производство МОХ- и РЕМИКС-топлива. Напомним, что основные объемы ЖРО образовывались при переработке облученных урановых блоков промышленных реакторов и при переработке ОЯТ энергетических реакторов. Поэтому ориентация ОДЦ на полное отверждение всех образующихся РАО является одним из наиболее принципиальных извлеченных уроков.

Самым же принципиальным уроком является необходимость надежного захоронения РАО. В районе ГХК начаты работы по созданию подземной исследовательской лаборатории для обоснования долгосрочной безопасности пункта захоронения глубинного типа. Эта задача станет наиболее сложной на ближайшее десятилетие.

Создание современной системы захоронения РАО и замыкания ядерного топливного цикла в любом из типов (открытом, двухкомпонентном, замкнутом и т. д.) сформирует полный набор крупных экологических преимуществ атомной энергетики: отсутствие выбросов взвешенных частиц и парниковых газов, сбросов, локализация и безопасное захоронение образующихся отходов.

Выводы

В заключение еще раз отметим несколько обстоятельств.

В последнее десятилетие совершен качественный рывок в решении проблем ядерного наследия в целом и в арктическом регионе в частности.

Реализацией практических мероприятий по бывшим береговым техническим базам — ныне объектам ФГУП «РосРАО», ФГУП «Атомфлот» и ряда других организаций:

- полностью сняты или существенно снижены основные риски радиационных аварий и происшествий, угрожавших радиоактивным загрязнением морских акваторий;
- создана необходимая инфраструктура обращения с РАО и ОЯТ и начата регулярная работа по его вывозу;
- инвентаризированы и оценены все объекты ядерного наследия, представляющие угрозу загрязнения поверхностных вод, рек и морей. В отношении наиболее опасных из них спроектированы и осуществляются защитные меры, предусматривающие обеспечение долгосрочной безопасности.

Произошедшие изменения должны характеризоваться как принципиальное изменение подхода в сторону комплексности, долгосрочности и эффективного управления.

Таким образом, можно констатировать, что сегодня превышение допустимых концентраций радиоактивных веществ не обнаруживается ни в одной из рек России. Подобная картина весьма выгодно отличается от загрязнения окружающей среды другими вредными химическими веществами от предприятий иных отраслей и коммунальной сферы. Более того, комплексный подход к обеспечению радиационного благополучия Арктики становится первым из немногочисленных примеров экологического оздоровления. Важно дополнять эти достижения другими направлениями, в том числе глобального характера (парниковый эффект и т. д.).

Литература

1. Саркисов А. А., Антипов С. В., Высоцкий В. Л. Приоритетные проекты программы реабилитации арктических морей от затопленных и затонувших ядерных и радиационно-опасных объектов и необходимость международного сотрудничества // Арктика: экология и экономика. — 2012. — № 4 (8). — С. 4—15.
2. Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л. и др. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики: Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. — М.: ИБРАЭ РАН, 2015. — 699 с.
3. Саркисов А. А., Антипов С. В., Калинин Р. И. и др. Международное сотрудничество при ликвидации экологического наследия холодной войны в арктическом регионе России // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 3 (11). — С. 48—59.

4. Ликвидация ядерного наследия: 2008—2015 годы / Под общ. ред. А. А. Абрамова, О. В. Крюкова, И. И. Линге. — М., 2015. — 182 с.

5. Егоров В. Н. Радиоэкологический отклик Черног моря на чернобыльскую ядерную аварию в отношении долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs // Мор. эколог. журн. — 2002. — Т. 1, № 1. — С. 5—15.

6. Абрамов А. А., Дорофеев А. Н., Комаров Е. А. и др. К вопросу оценки объема ядерного наследия в атомной промышленности и на иных объектах мирного использования атомной энергии в России // Ядер. и радиац. безопасность. — 2014. — № 3 (73). — С. 1—11.

7. Глинский М. Л., Ветров В. А., Абрамов А. А., Чертков Л. Г. Объектный мониторинг состояния недр на предприятиях атомной отрасли. — М.: Б.С.Г.-Пресс, 2015. — 264 с.

8. Большагин А. Ю., Вялышев А. И., Добров В. М. Комплексный мониторинг — неотъемлемая часть безопасности Арктической зоны Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 1 (13). — С. 38—47.

9. Бобров Н. Г., Захарова О. Е., Илюшкин А. И. и др. Информационно-аналитическое сопровождение ФЦП ЯРБ // Безопасность ядер. технологий и окружающей среды. — 2012. — № 4. — С. 36—41.

10. Абрамова А. А., Мальцева Д. Б. Атомная отрасль: от реабилитации водных объектов к управлению водными ресурсами: Доклад // 19-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки (экологическая, гидрометеорологическая, энергетическая безопасность)», Нижний Новгород, 16—19 мая 2017 г.

11. Ведерникова М. В., Савкин М. Н., Линге И. И. и др. Особые радиоактивные отходы. — М.: ООО «САМ полиграфист», 2015. — 240 с.

12. Уткин С. С. Стратегии перевода Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк» в радиационно безопасное состояние // Изв. Рос. акад. наук. Сер. Энергетика. — 2016. — № 5. — С. 132—139.

13. Алексахин А. И., Глаголев А. В., Дрожко Е. Г. и др. Водоем-9 — хранилище жидких радиоактивных отходов и воздействие его на геологическую среду / Под ред. Е. Г. Дрожко, Б. Г. Самсонова. — М., 2007. — 250 с.

14. Оценка удельной активности радионуклидов в цементном компаунде комплекса цементирования среднеактивных отходов ФГУП «ПО «Маяк» // Материалы семинара «Обеспечение радиоэкологической безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск, 17—18 февраля 2015 г.

15. Стратегический Мастер-план решения проблем Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк» / ИБРАЭ РАН и др. — Утв. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» 15 февраля 2016 г.

Информация об авторах

Абрамов Александр Анатольевич, заместитель директора по государственной политике в области РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО, Госкорпорация «Росатом» (119017, Россия, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24), e-mail: AAABramov@rosatom.ru.

Иванов Артем Юрьевич, заведующий отделением информационного обеспечения программ в сфере ядерной и радиационной безопасности, ИБРАЭ РАН (115191, Россия, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: aivanov@ibrae.ac.ru.

Крюков Олег Васильевич, директор по государственной политике в области РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО, Госкорпорация «Росатом» (119017, Россия, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24), e-mail: OVKryukov@rosatom.ru.

Линге Игорь Иннокентьевич, доктор технических наук, заместитель директора по информационно-аналитической поддержке комплексных проблем ядерной и радиационной безопасности, ИБРАЭ РАН (115191, Россия, Москва, Большая Тульская ул., д. 52), e-mail: linge@ibrae.ac.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Крюков О. В., Абрамов А. А., Линге И. И., Иванов А. Ю. Ликвидация ядерного наследия в континентальной части России как условие радиационного благополучия Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 4 (28). — С. 49—58. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-49-58.

NUCLEAR LEGACY CLEANUP IN THE CONTINENTAL PART OF RUSSIA AS A CONDITION FOR RADIATION SAFETY IN THE ARCTIC

Kryukov O. V., Abramov A. A.

The State Atomic Energy Corporation Rosatom (Moscow, Russian Federation)

Linge I. I., Ivanov A. Yu.

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

Abstract

The paper addresses the issues associated with nuclear legacy in general and more specifically in the Arctic. The paper discusses practical efforts on the elimination nuclear legacy facilities carried out under the federal target program Nuclear and Radiation Safety in 2008 and until 2015. Three distinct areas were considered in this respect, namely: a set of measures on infrastructure development and safety improvement at the sites located in the coastal area; efforts implemented under the program for certain operating organizations providing necessary support for activities carried out directly in the Arctic; reducing the risks associated with nuclear legacy facilities located in the continental part of Russia. The paper presents a comprehensive approach aiming to ensure radiation safety in the Arctic being a rare example of ecological recovery efforts.

Keywords: *cleanup, the Arctic, nuclear legacy, SNF, radwaste, radiation safety.*

References

1. Sarkisov A. A., Antipov S. V., Vysotskiy V. L. Prioritetnyye proyekty programmy reabilitatsii arkticheskikh morey ot zatoplennykh i zatonuvshikh yadernykh i radiatsionno-opasnykh ob'ektov i neobkhodimost mezhdunarodnogo sotrudnichestva. [Top-Priority Projects Under the Program on the Remediation of Arctic Seas Contaminated due to Scuttled or Sunken Nuclear and Radiation Hazardous Facilities and the Need for International Cooperation in this Field]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2012, no. 4 (8), pp. 4—15. (In Russian).
2. Sarkisov A. A., Sivintsev Yu. V., Vysotskiy V. L. et al. Atomnoye nasledie kholodnoy voyny na dne Arktiki: Radioekologicheskiye i tekhniko-ekonomicheskkiye problemy radiatsionnoy reabilitatsii morey. [Cold War Nuclear Legacy at the Bottom of the Arctic. Radiation, Environmental, Engineering and Economic Issues Associated with the Radiation Remediation of Seas]. Moscow, IBRAE RAN, 2015, 699 p. (In Russian).
3. Sarkisov A. A., Antipov S. V., Kalinin R. I. et al. Mezhdunarodnoye sotrudnichestvo pri likvidatsii ekologicheskogo naslediya kholodnoy voyny v arkticheskoy regione Rossii. [International Cooperation on the Elimination of the Cold War Environmental Legacy in the Arctic Region of Russia]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2011, no. 3 (11), pp. 48—59. (In Russian).
4. Likvidatsiya yadernogo naslediya: 2008—2015 gody. [Elimination of the Nuclear Legacy in 2008—2015]. Pod obshch. red. A. A. Abramova. O. V. Kryukova. I. I. Linge. Moscow, 2015. 182 p. (In Russian).

5. Egorov V. N. Radioekologicheskiy otklik Chernogo morya na chernobylskuyu yadernuyu avariuyu v otnoshenii dolgozhivushchikh radionuklidov ^{90}Sr i ^{137}Cs . [Radiation and Environmental Feedback from the Black Sea due to the Chernobyl Nuclear Accident Associated with Long-Lived Radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs]. *Mor. ekolog. zhurn*, 2002, vol. 1, no. 1, pp. 5—15. (In Russian).
6. Abramov A. A., Dorofeyev A. N., Komarov E. A. et al. K voprosu otsenki obyema yadernogo naslediya v atomnoy promyshlennosti i na inykh obyektakh mirnogo ispolzovaniya atomnoy energii v Rossii. [Concerning the Estimates of the Nuclear Legacy Inventory at the Sites of Nuclear Enterprises and Other Sites Contaminated due to the Peaceful Uses of Atomic Energy in Russia]. *Yader. i radiats. bezopasnost*, 2014, no. 3 (73), pp. 1—11. (In Russian).
7. Glinskiy M. L., Vetrov V. A., Abramov A. A., Chertkov L. G. Obyektnyy monitoring sostoyaniya nedr na predpriyatiyakh atomnoy otrasli. [Facility-Level Monitoring of Subsoil at the Sites of Atomic Industry]. Moscow, B.S.G.-Press, 2015, 264 p. (In Russian).
8. Bolshagin A. Yu., Vyalyshev A. I., Dobrov V. M. Kompleksnyy monitoring — neotyemlemaya chast bezopasnosti Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii. [Integrated Monitoring as an Essential Element of Safety in the Arctic Territories of the Russian Federation]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2014. no. 1 (13), pp. 38—47. (In Russian).
9. Bobrov N. G., Zakharova O. E., Ilyushkin A. I. et al. Informatsionno-analiticheskoye soprovozhdeniye FTsP YaRB. [Information and Analytical Support of the Federal Target Program on Nuclear and Radiation Safety]. *Bezopasnost yader. tekhnologiy i okruzhayushchey sredy*, 2012, no. 4, pp. 36—41. (In Russian).
10. Abramova A. A., Maltseva D. B. Atomnaya otrasl: ot reabilitatsii vodnykh obyektov k upravleniyu vodnymi resursami. [Atomic Sector: from Water Bodies Cleanup to the Management of Water Resources]. *Doklad. 19-th Mezhdunarodnyy nauchno-promyshlennyy forum "Velikiye reki (ekologicheskaya. gidrometeorologicheskaya. energeticheskaya bezopasnost)"*. Nizhniy Novgorod, 16—19 maya 2017 g. (In Russian).
11. Vedernikova M. V., Savkin M. N., Linge I. I. et al. Osoobyie radioaktivnyye otkhody. [Special Radioactive Waste]. Moscow, OOO "SAM poligrafist", 2015. 240 p. (In Russian).
12. Utkin S. S. Strategii perevoda Techenskogo kaskada vodoyemov FGUP "PO "Mayak" v radiatsionno bezopasnoye sostoyaniye. [Strategies Ensuring the Radiation Safety of the Techa Cascade of Water Reservoirs at PA Mayak]. *Izv. Ros. akad. nauk. Ser. Energetika*, 2016, no. 5, pp. 132—139. (In Russian).
13. Aleksakhin A. I., Glagolev A. V., Drozhko E. G. et al. Vodoyem-9 — khranilishche zhidkikh radioaktivnykh otkhodov i vozdeystviye ego na geologicheskuyu sredu. [Reservoir V-9 — a Storage Facility for Liquid Radioactive Waste and its Impact on the Geological Environment]. Pod red. E. G. Drozhko. B. G. Samsonova. Moscow, 2007, 250 p. (In Russian).
14. Otsenka udelnoy aktivnosti radionuklidov v tsementnom kompaunde kompleksa tsementirovaniya sredneaktivnykh otkhodov FGUP "PO "Mayak". [Estimation of Radionuclide Specific Activity in the Cement Compound of Intermediate-Level Waste Cementation Complex at FSUE PA Mayak]. *Materialy seminar "Obespecheniye radioekologicheskoy bezopasnosti pri ekspluatatsii obyektov ispolzovaniya atomnoy energii FGUP "PO "Mayak", g. Ozersk. 17—18 fevralya 2015 g.* (In Russian).
15. Strategicheskyy Master-plan resheniya problem Techenskogo kaskada vodoyemov FGUP "PO "Mayak". [Strategic Master Plan Addressing Challenges Associated with the Techa Cascade of Water Reservoirs at FSUE PA Mayak]. IBRAE RAN et al. Utv. generalnym direktorom Goskorporatsii "Rosatom" 15.02.2016. (In Russian).

Information about the authors

Abramov Aleksandr Anatolevich, Deputy Director for Public Policy on Radioactive Waste, Spent Nuclear Fuel and Nuclear Decommissioning of Rosatom State Corporation (24, Bolshaya Ordynka Str., Moscow, Russia, 119017), e-mail: AAAbramov@rosatom.ru.

Ivanov Artem Yurievich, Head of Department for Information Support of Nuclear and Radiation Safety Programs, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulskeya Str., Moscow, Russia, 115191), e-mail: aivanov@ibrae.ac.ru.

Kryukov Oleg Vasilevich, Director for Public Policy on Radioactive Waste, Spent Nuclear Fuel and Nuclear Decommissioning of Rosatom State Corporation (24, Bolshaya Ordynka Str., Moscow, Russia, 119017), e-mail: OVKryukov@rosatom.ru.

Linge Igor Innokentevich, Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Information and Analytical Support of Complex Problems in Nuclear and Radiation Safety, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (52, Bolshaya Tulskeya Str., Moscow, Russia, 115191), e-mail: linge@ibrae.ac.ru.

Bibliographic description

Kryukov O. V., Abramov A. A., Linge I. I., Ivanov A. Y. Nuclear Legacy Cleanup in the Continental Part of Russia as a Condition for Radiation Safety in the Arctic. *The Arctic: ecology and economy*, 2017, no. 4 (28), pp. 49 —58. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-49-58. (In Russian).