

Предварительная оценка обстановки Радиационные риски, обусловленные деятельностью объектов СевРАО, находящихся в сфере надзора ФМБА



Ссылка:

Ильин Л.А., Кочетков О.А., Симаков А.В., Шандала Н.К., Савкин М.И., Сневе М.К., Бёрретсен П.Е., Яворска А., Смит Г., Барраклоутх И., Крузе Ф., «Предварительная оценка обстановки. Радиационные риски, обусловленные деятельностью объектов СевРАО, находящихся в сфере надзора ФМБА». Отчёт по радиационной защите 2005, 18. Остерос: Норвежское Управление по радиационной защите. 2005.

Ключевые слова:

Предварительная оценка. Радиационные риски. Объекты СевРАО. Регулирующий надзор за здоровьем. Надзор за обязанностями. Обращение с радиоактивными отходами.

Резюме:

Целью написания настоящего отчёта является получение обзора наиболее важных, с точки зрения регулирующих перспектив ФМБА, направлений, которые требуют разработок, касающихся надзора и регулирования работ, проводимых на загрязнённых территориях в Андреевой губе и Гремике. Самые важные опасности были идентифицированы и меры по уменьшению таковых были предложены. А также, были распознаны и идентифицированы ситуации, где должны быть разработаны руководства и процедуры для работников, находящихся в местах загрязнения. Это создаст основу для последующих разработок в области регулирования и процедур проведения работ.

Referanse:

Ilin L., Kochetkov O., Simakov A., Shandala N., Savkin M., Sneve M. K., Børretzen P., Jaworska A., Smith G., Barraclough I., Kruse P., "Initial Threat Assessment. Radiological Risks Associated with SevRAO Facilities Falling Within the Regulatory Supervision Responsibilities of FMBA". StrålevernRapport 2005:18. Østerås: Statens strålevern, 2005. Språk: russisk.

Emneord:

Trusselvurdering. Radiologisk risiko. SevRAO's anlegg. Regulerende helseovervåking. Oppsyn av ansvar. Håndtering av oppbrukt radioaktivt avfall.

Resymé:

Formålet med denne initiale trusselvurderingsrapport er å gi regulerende myndigheters (FMBA) syn på de viktigste områder som krever overvåking og regulativ utvikling når det gjelder arbeid som må gjennomføres i de forurensede områdene i Andreeva bukten og Gremikha. De største radiologiske truslene har blitt identifisert og tiltak for å redusere disse trusler har blitt foreslått. Situasjoner hvor reguleringer og prosedyrer må utvikles for arbeiderne på områdene har blitt identifisert. Dette vil danne basis for videreutvikling av russisk regelverk og prosedyrer.

Prosjektleder: Malgorzata K. Sneve

Godkjent:



Per Strand, direktør, Avdeling Beredskap og Miljø.

66 sider.

Utgitt: 2005-12-10.

Opplag: 200 (05-12)

Form, omslag: LoboMedia, Oslo

Trykk: LoboMedia, Oslo

Bestilles fra:

Statens Strålevern, Postboks 55, N-1332 Østerås, Norge. Telefon: +47 67 16 25 00, faks: +47 67 14 74 07.

www.nrpa.no

ISSN 0804-4910

Предварительная оценка обстановки

Радиационные риски, обусловленные деятельностью объектов СевРАО, находящихся в сфере надзора ФМБА

Олег Кочетков, Анатолий Симаков, Наталья Шандала, Михаил Савкин

Под ред. Академика РАМН Леонида Ильина

Институт Биофизики, Россия

Малгорзата К. Сневе, Пеер Бёрретсен, Алиция Яворска,

Норвежское Управление по Радиационной защите, Норвегия

Грахам Смит, Иан Барраклоугх, Фил Крузе

Энвайрос, Великобритания

Statens strålevern

Norwegian Radiation
Protection Authority
Østerås, 2005

Содержание

Предварительная оценка угроз: резюме руководства	4
1 Введение	9
2 Оценка угроз	12
2.1 Аспекты защиты персонала	12
2.1.1 <i>Общая характеристика</i>	12
2.1.2 <i>Перечень проблемных тем. Анализ технологических решений по обращению с ОЯТ</i>	13
2.1.3 <i>Разработка нормативно-методических документов по регулированию радиационной безопасности</i>	15
2.2 Аспекты защиты населения	22
2.2.1 <i>Общая характеристика</i>	22
2.2.2 <i>Оценка радиационной обстановки окружающей среды в районе БТБ в губе Андреева и поселке Гремиха</i>	24
2.2.3 <i>Оценка радиационной опасности и угроз для окружающей среды от объектов СевРАО на основании имеющихся данных о радиационной обстановке и задач регулирующего надзора ФМБА</i>	32
2.2.4 <i>Рекомендации по усовершенствованию регулирующего надзора ФМБА на территориях БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха с учетом имеющихся угроз</i>	37
2.3 Аспекты аварийной готовности и реагирования	45
2.3.1 <i>Общая характеристика</i>	45
2.3.2 <i>Перечень проблемных тем</i>	46
2.3.3 <i>Риски медицинских последствий</i>	48
3 Выводы	54
3.1 Радиологические угрозы	54
3.2 Мероприятия, направленные на снижение угроз	56
3.3 Регулирующие действия	57
Литература	61
Список исполнителей	65
Список сокращений	66

Предварительная оценка угроз: резюме руководства

Министерство Иностранных Дел (МИД) Норвегии осуществляет реализацию плана Правительства Норвегии по поддержке российских усилий направленных на совершенствование радиационной защиты и ядерной безопасности на северо-западе России. Часть этой деятельности направлена на совершенствование обращения с отходами и реабилитационных работ на территории Береговых Технических Баз (БТБ), проводимых ФГУП СевРАО в губе Андреева и п. Гремиха на Кольском полуострове. Некоторая работа на этих объектах уже проведена и легла в основу настоящего плана работ.

Внимание к этим объектам обусловлено тем, что здесь условия хранения значительной части отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) очень плохи. Однако работы по вывозу этих опасных материалов для включения в цикл переработки еще более опасны, что обусловлено деградацией ОЯТ за время хранения. Более того, значительные количества радионуклидов уже проникли в почву в районе хранилищ. Потенциал распространения этого загрязнения и возможных загрязнений в будущем формирует дополнительные риски как локального, так и регионального масштаба.

Сложившиеся экстремальные радиационные условия на БТБ в губе Андреева и п. Гремиха создают новые трудности для осуществления надзора и регулирования за деятельностью на этих объектах. Имеющиеся нормативы и правила были разработаны для нормальных условий обращения с РАО и ОЯТ. Существуют также урегулирования, касающиеся чрезвычайных ситуаций. Однако обстановка на этих двух объектах такова, что существующие рутинные для проведения работ не могут быть выполнены в соответствии с одним из двух существующих правил: нормы доз выше допустимых для работы в нормальных условиях, и в то же время, ситуация не классифицирована как аварийная. К тому же, действия по реабилитации, которые было бы необходимо реализовать в данной ситуации, не разрешены в существующих правилах. Комплекс проводимых процедур, включая специальные нормы и правила, разрешающие проведение необходимых операций и реабилитационных действий, требуют разработок для этой конкретной ситуации, которая является следствием предшествующей деятельности.

Стратегия МИДа включает в себя не только поддержку промышленных проектов, но и поддержку Российских регулирующих органов для того, чтобы повысить эффективность работы по реализации промышленных проектов с соблюдением законов РФ и учетом международных рекомендаций по практическим методам работы, пригодным для условий РФ. В соответствии с этим МИД с помощью Норвежского Агентства по Радиационной защите определило программу сотрудничества с Федеральным Медико-биологическим агентством (ФМБА) РФ, являющимся одной из ведущих организаций по радиационной защите в РФ.

Главная цель этого сотрудничества – обеспечить эффективный и действенный регулирующий надзор за работами на объектах СевРАО, находящихся в ведении

ФМБА. Это сотрудничество реализуется с помощью трех специальных проектов, касающихся регулирующего надзора по трем следующим направлениям:

- Радиационное облучение персонала;
- Радиационное облучение населения; и
- Аварийная готовность и реагирование.

На первом этапе каждого из трех проектов необходимо оценить радиологические угрозы, которые имеют место в настоящее время и могут возникнуть при проведении работ. Цель настоящей предварительной оценки угроз¹ – получить обзор, с точки зрения регулирующих перспектив ФМБА, наиболее важных направлений, требующих разработки дополнительных документов, касающихся надзора и регулирования.

Известно, что основные законы РФ по использованию радиоактивных материалов и радиационной защите предоставляют широкое поле деятельности. Однако сложившаяся особая ситуация на территории БТБ определяет направления, в которых должна проводиться оценка угроз:

- Главные радиологические угрозы для персонала и населения, требующие внимания со стороны регулирующих органов;
- Главные требования к оценке риска, т.е. направления, которые потребуют самого настоящего и/или детального анализа;
- Все существенные дополнительные регулирующие требования и инструкции, касающиеся безопасного ведения работ, которые будут разработаны исполнителями; и
- Ключевые направления реализации процесса регулирования.

Понятно, что результаты, изложенные в настоящем отчете, носят предварительный характер и лишь заложат фундамент для последующих разработок по всем трем проектам.

Радиологические угрозы

Основные радиационные угрозы в губе Андреева и п. Гремиха можно свести к следующим (в порядке их приблизительного приоритета):

На обеих базах имеются хранилища высоко активных материалов (отработавшее ядерное топливо, ряд жидких и твердых радиоактивных отходов) и частично загрязненные участки территории. Мощности дозы на этих объектах местами превышают 1 мЗв/час.

Территория и акватория около БТБ губы Андреева загрязнена ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co от локальных источников радиоактивного загрязнения. Нештатные уровни ¹³⁷Cs в почве наблюдаются в трех участках площадки губы Андреева, самые высокие значения, до 10⁶ Бк/кг, вблизи строения 5 (здание, в прошлом использовавшееся

¹ Термин предварительная оценка угроз используется во избежание противоречия с очень точным сложившимся понятием «оценка риска». Оценка угроз является предварительным, качественным обзором рисков и опасностей, в котором описаны детали приложения дополнительных усилий и подключения дополнительных источников в том месте и в тех направлениях, которые требуют повышенного внимания.

как хранилище ОЯТ). В образцах проб почвы, отобранных в г. Заозерске, содержание ^{137}Cs не превышало 50 Бк/кг, что гораздо ниже, чем на промплощадке, и уменьшалось с расстоянием от площадки. Локальные концентрации ^{137}Cs в пробах почвы, взятых в п. Гремиха, достигают 2400 Бк/кг.

Концентрации ^{137}Cs в донных отложениях береговой полосы вблизи территории БТБ в губе Андреева изменяются от <20 до 600 Бк/кг в зависимости от расстояния от устья ручья. Содержание ^{137}Cs в воде ручья также изменяется в диапазоне <20 – 500 Бк/л около строения 5. Локальное загрязнение водорослей и перифитона у стоянки судов более чем в десять раз превышает (>2500-4600 Бк/кг) соответствующее значение для водорослей на других участках БТБ, а загрязнение донных отложений (600 Бк/кг в районе стоянки) изменяется лишь в три раза. Аналогичные уровни наблюдаются в окрестности п.Гремиха.

Средние годовые концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосферном воздухе в губе Андреева в десять раз ниже допустимого уровня активности, но гораздо выше фоновых уровней, принятых для Мурманской области.

Объемная активность ^{137}Cs в морской воде в губе Андреева близка к фоновым уровням. Тем не менее, отмечены следы радиоактивных загрязнений морской воды в районе причалов в губе Андреева. Концентрации ^{137}Cs в морской воде на БТБ п.Гремиха приблизительно вдвое превышают соответствующие значения, полученные в открытой воде.

Оценить реальные дозы облучения населения на основании имеющихся данных весьма затруднительно, поскольку многие параметры радиационно-гигиенической обстановки не изучены. Так, отсутствуют корректные данные по содержанию основных радионуклидов в питьевой воде и пищевых продуктах, в том числе местных (оленина, рыба, дикорастущие).

Имеется лишь незначительный объем данных о наличии радионуклидов в почве и их миграции во внешней среде в губе Андреева и в п.Гремиха.

Действия по снижению угроз.

Как упоминалось выше, в БТБ в губе Андреева и п.Гремиха имеется целый ряд радиоактивных источников, включая отработавшее ядерное топливо, жидкие и твердые радиоактивные отходы, и участки загрязненной среды. Принимая во внимание существующие очень высокие мощности дозы важно выявить приоритеты и последовательность мер контроля этих источников для должной минимизации опасностей. Как будет отмечено ниже, существенным преимуществом станет присваивание первого приоритета вывозу отработавшего ядерного топлива.

Существующие в настоящее время очень высокие мощности дозы на площадке означают, что в нынешних условиях любые работы, проводящиеся на территории объекта, несут в себе значительный риск для здоровья. Считается, что очень высокие мощности дозы в основном вызваны отработанным ядерным топливом (ОЯТ) и высоко активными радиоактивными отходами (РАО), например, ОЯТ в блоках сухого хранения 2А, 2В, и 3А в губе Андреева. Нынешние условия хранения этих материалов нестабильны и могут привести к деградации топлива, так что эти условия также представляют значительный и повышенный риск аварии. Таким образом, в то время как вывоз ОЯТ повлечет за собой существенное увеличение доз

профессионального облучения и временное возрастание вероятности аварии, связанной с вывозом ОЯТ, с точки зрения долгосрочной перспективы, вывоз ОЯТ можно считать определяющим способом уменьшения как мощностей дозы на площадке, так и риска серьезных аварий. Это позволит проводить другие работы на площадке с большей безопасностью (и, надеемся, в нормальном режиме регулирования).

Незамедлительно была предложена Программа работ по удалению ОЯТ из ячеек блоков сухого хранения в губе Андреева, но при этом потребовались специальные регулирующие документы для работы на площадке в нештатных условиях. Была сформулирована и альтернативная программа работ, включающая улучшение инфраструктуры на площадке, так чтобы можно было проводить работы, не нарушая существующие регулирующие уложения, принятые для нормальных условий, но улучшение инфраструктуры займет несколько лет, прежде чем можно будет начать вывоз ОЯТ (допуская вероятность дальнейшей деградации топлива). Необходимо найти оптимальное решение, посредством которого вывоз ОЯТ можно будет начать как можно скорее, не нарушая основных норм безопасности.

Очевидно, что для того, чтобы полностью охарактеризовать состояние других отходов и источников загрязнения на территории объекта, требуется больше информации. По мере удаления ОЯТ лучшие показатели мощности дозы должны способствовать более эффективному определению условий, рисков и мощностей доз, создаваемых потоками других отходов. На основании этой информации впоследствии можно будет определить приоритеты дальнейших действий по очистке и обращению с отходами. В дальнейшем это даст возможность проводить работы в рамках существующего регулирования в нормальных условиях.

Нет никакой информации об уровнях загрязнения вне площадки, требующих принятия незамедлительных мер. Однако имеется небольшой объем информации о радиационной обстановке вне площадки, и некоторые специфические данные известны относительно уровней и миграции радионуклидов в окружающей среде. Хотя эта деятельность имеет более низкий приоритет, чем вывоз ОЯТ, она даст возможность собрать информацию о ситуации вне площадки и в то же время создать информационную базу для разработки критериев регулирования для долгосрочного планирования реабилитационных работ и лицензирования площадок.

Деятельность по обеспечению регулирования

Для выработки такой программы работ по снижению угроз, создаваемых ОЯТ на площадке, которая будет удовлетворять представителей и исполняющих, и регулирующих органов, потребуется оценка следующих факторов:

1. Текущая ситуация: мощности дозы, дозы для персонала и населения в создавшихся условиях; риски аварий для персонала и населения (до принятия каких бы то ни было мер); оценка вероятного развития ситуации (включая изменения мощности дозы и аварийных рисков) при условии, что не будут предприняты никакие действия.
2. Риски проведения восстановительных работ: детальное определение процедур работы; дозы и аварийные риски, связанные с различными

процедурами; и определение соответствующих процедур по снижению вероятности и/или тяжести потенциальных аварий.

3. Ситуация в будущем: остальные дозы и риски, являющиеся результатом реализации различных реабилитационных стратегий.

Для проведения подобной работы необходимо разработать такие регулирующие документы и процедуры регулирования, которые можно было бы применять в нештатных ситуациях, не нарушая существующих рамок закона.

Параллельно можно осуществлять деятельность по подготовке принятия будущих решений, касающихся вывода из эксплуатации и делицензирования площадок, а также проведения какой бы то ни было обязательной очистки окружающих территорий.

Основные подготовительные действия имели бы целью:

1. Получение большей информации о радиационных условиях за территорией площадки, и об их связи с условиями на площадке (эта информация могла бы послужить в качестве исходной при определении текущей обстановки); и
2. Разработку критериев и руководства регулирования при проведении работ по очистке территорий и делицензировании площадок.

1 Введение

Министерство Иностранных Дел (МИД) Норвегии осуществляет реализацию плана Правительства Норвегии по поддержке российских усилий направленных на совершенствование радиационной защиты и ядерной безопасности на северо-западе России. Начальным этапом реализации этого плана являются уже выполненные работы на объектах СевРАО по улучшению обращения с отходами и восстановительные работы на береговой технической базе (БТБ) в губе Андреева.

Более пристальное внимание к этому объекту обусловлено тем, что здесь условия хранения значительной части отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) очень плохи. Работы по вывозу этих опасных материалов для включения в цикл переработки еще более опасны, что обусловлено деградацией ОЯТ за время хранения. Более того, значительные количества радионуклидов уже проникли в почву в районе хранилищ. Потенциал распространения этого загрязнения и дальнейших возможных загрязнений формирует дополнительные риски как локального, так и регионального масштаба.

Нештатные и экстремальные радиационные условия на БТБ в губе Андреева и Гремихе создают новые трудности для осуществления надзора и регулирования за деятельностью на этих объектах. Это связано с тем, что имеющиеся нормативы и правила разработаны для нормальных условий обращения с РАО и ОЯТ, а реальная радиационная обстановка на объектах Сев РАО определяет необходимость разработки дополнительного руководства по радиационной защите с учетом сложившейся ситуации. Это означает необходимость усовершенствования процесса регулирования, включая разработку специальных норм и правил.

Таким образом, как отмечено выше стратегия МИДа включает в себя не только поддержку промышленных проектов, но также и поддержку российских регулирующих органов с тем, чтобы обеспечить эффективное выполнение работ с соблюдением законодательства РФ, учитывая при этом международные рекомендации и другие, подходящие для РФ, методы работы. В соответствии с этим, МИД, при помощи NRPA, разработал программу сотрудничества с ФМБА.

Главная цель этого сотрудничества – обеспечить эффективный и действенный регулирующий надзор за работами на объектах СевРАО, находящихся в ведении ФМБА. При этом следует отметить, что обязанность ФМБА включает в себя следующую деятельность, касающуюся экстремально опасных работ и чрезвычайных ситуаций, как на объекте, так и вокруг него:

- Регулирующий надзор за радиационной безопасностью персонала и населения;
- Мониторинг окружающей среды на площадке и вне ее, с точки зрения охраны здоровья персонала и населения;
- Эпидемиологический контроль;
- Сотрудничество с местными организациями;
- Определение превентивных мер по снижению риска;

-
- Медицинское обслуживание в экстремальных и чрезвычайных ситуациях;
 - Научные исследования, направленные на изучение условий, связанных с нештатными ситуациями, с оценками их влияния на здоровье людей и выработка рекомендаций по снижению этих влияний, а так же разработка требований к медико-реабилитационной деятельности.

Учитывая эти обстоятельства, двухстороннее сотрудничество в настоящее время реализуется в рамках трех вполне определенных проектов.

Проект 1. Регулирующий надзор за радиационным воздействием на персонал

Целью этого проекта является разработка критериев и регулирующего руководства для улучшения радиационных условий работы персонала на объектах СевРАО в том числе в губе Андреева. Задачи и планируемые результаты их выполнения выглядят следующим образом:

- Подготовка перечня и обоснование статуса технологических операций при обращении с ОЯТ и РАО в губе Андреева.
- Разработка Руководства по гигиеническим нормативам доз облучения персонала при нормальных, нештатных и аварийно-восстановительных работах по обращению с ОЯТ и РАО. При этом учитывается существующие общие требования и специфика работ на объектах, а также радиационная обстановка в губе Андреева.
- Разработка Руководства по применению индивидуальных и коллективных средств защиты персонала на объектах СевРАО.
- Разработка итогового Руководства «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при проведении работ на объектах «СевРАО» с учетом результатов выполнения вышеуказанных задач и анализа накопленного опыта по обращению с ОЯТ и РАО.

Проект 2. Регулирующий надзор за радиационным воздействием на население

Этот проект имеет своей целью разработку норм и стандартов для регулирующего Руководства при реабилитации территории губы Андреева в процессе основных работ по вывозу ОЯТ и по его завершении. Задачи и результаты этого проекта выглядят следующим образом:

- Обзор и сопоставление независимых данных о радиационной обстановке и радиационному контролю на объекте и вокруг него;
- Отчеты по «Методам проведения радиационных оценок в процессе реабилитационной деятельности» и по «Методам организации радиационного контроля».
- Разработка радиационных критериев и норм, обеспечивающих социально-приемлемые гарантии по радиационной безопасности населения в ходе реабилитации объекта и по ее завершении

Проект 3. Регулирующий надзор за готовностью к реагированию в случаях аварийных ситуаций.

Цель этого проекта заключается в обеспечении регулирующего руководства при планировании управления медицинскими и санитарными мероприятиями для чрезвычайных ситуаций радиационного характера на объектах СевРАО. Задачи и результаты их выполнения выглядят следующим образом:

- Обзор международных и отечественных методов;
- Разработка прозрачного толкования организационного реагирования в области готовности к чрезвычайным ситуациям со стороны операторов и регулирующих органов
- Разработка регулирующей основы для требований к готовности к чрезвычайным ситуациям
- Руководство по медико-санитарному планированию чрезвычайных ситуаций
- Обучение радиационно-медицинскому реагированию на чрезвычайные ситуации

В программе работ на 2005-2006 годы большое внимание уделяется рискам, связанным с планируемыми в настоящее время промышленными проектами по СевРАО, координацию которых представляется целесообразным осуществлять по модели «2 + 2».

Принимая во внимание все вышесказанное, на начальном этапе всех трех проектов необходимо оценить радиационную опасность работ, которые предстоит провести на БТБ. Целью подобной оценки является получение обзора наиболее важных, с точки зрения регулирующих перспектив ФМБА, направлений, требующих разработок, касающихся надзора и регулирования.

Законы РФ, касающиеся использования радиоактивных материалов и радиационной защиты, представляют всеобъемлющее поле деятельности. Однако, учитывая специфическую обстановку на БТБ, в результате оценки опасности предстоит определить:

- Главные радиационные угрозы для персонала и населения, требующие внимания регулирующих органов
- Основные требования к оценке риска, т.е. направления, которые требуют всестороннего анализа
- Все значимые дополнительные регулирующие требования и тип (характер) инструкций по безопасному ведению работ, которые должны разработать операторы
- Ключевые направления реализации процесса регулирования.

В главе 2 представлены основные результаты оценки угроз, в главе 3 – общие выводы, в главе 4 приведены литературные ссылки, и в главе 5 дан список сокращений.

Следует учесть, что представленные материалы носят предварительный характер и предназначены для планирования и проведения дальнейшей разработки поставленных задач по всем трем проектам.

2 Оценка угроз

2.1 Аспекты защиты персонала

2.1.1 Общая характеристика

В настоящее время, отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) в губе Андреева размещается в трех сооружениях блока сухого хранения ("2А", "2Б" и "3А") и в контейнерах типа б, установленных в сооружении "2А" [Росатом, 2004 б; Мастер-план, 2004; NRPA, 2004].

Условия хранения ОЯТ в каждом из сооружений блока сухого хранения (БСХ) и в контейнерах типа б имеют отличия, которые должны определять различия в технологии выгрузки и обращения с отработавшими тепловыделяющими сборками (ОТВС).

Наиболее благоприятные условия – в ячейках сооружения "2А". Сооружение имеет навес, выполненный из съемных секторов. При выполнении работ в сооружении съемные сектора временно демонтируют над зоной производства работ. Практически во всех ячейках хранилища вода отсутствует, поскольку сооружение "2А" в наибольшей степени соответствует условиям «сухого хранения» ОЯТ и элементы его строительных конструкций надежно препятствуют проникновению грунтовых вод. Все ячейки закрыты стальными пробками со свинцовыми вкладышами, что значительно облегчает операцию вскрытия ячеек. Обследование радиационной обстановки на территории хранилища ОЯТ показало, по данным НИКИЭТ [НИКИЭТ, 2004 а], в сооружении "2А" наиболее низкие уровни γ - излучения (0,01 – 0,25 мЗв/ч). В связи с этим специалистами НИКИЭТ предлагается решение по организации стационарного рабочего участка по перечехловке ОТВС из старых чехлов в новые в сооружении "2А" [НИКИЭТ, 2004 а].

Сооружение "2Б" также имеет навес, выполненный из съемных секторов. Однако, в отличие от сооружения "2А" все ячейки хранилища заполнены водой. Активность воды в некоторых ячейках достигает величины 10^{-2} Ки/л, по данным НИКИЭТ [НИКИЭТ, 2004 а]. Примерно половина ячеек закрыта бетонными пробками в стальной оболочке и металлическими крышками. Извлечение некоторых бетонных пробок представляет собой трудоемкую операцию и требует разработки специального инструмента. Уровни излучения на поверхности хранилища /3/ составляют $0,04 \div 0,88$ мЗв/ч, т.е. в 3 ÷ 4 раза выше, чем в сооружении "2А".

Сооружение "3А" после заполнения ячеек чехлами с ОТВС в 1985 году было перекрыто бетонными плитами и поверх них уложен рубероид. Ячейки хранилища, загруженные чехлами с ОТВС, закрыты бетонными пробками. С тех пор хранилище не вскрывалось, информация о состоянии ОЯТ в нём отсутствует [НИКИЭТ, 2004 а]. Существующее перекрытие не обеспечивает защиту хранилища от атмосферных осадков. Предполагается, что в ячейки хранилища "3А", так же как и в хранилище "2Б" поступают грунтовые воды и атмосферные осадки. В сооружении "3А" наблюдается наиболее неблагоприятная радиационная обстановка. Значения мощности дозы на поверхности укрытия (на бетонных плитах) лежат в пределах $0,05 \div 1,15$ мЗв/ч [НИКИЭТ, 2004 а].

2.1.2 Перечень проблемных тем. Анализ технологических решений по обращению с ОЯТ

Предлагается следующая стратегия выгрузки ОЯТ из сооружений берегового хранилища [НИКИЭТ, 2004 а, б]:

- пробная перечехловка, выгрузка и вывоз на ПО «Маяк» партии чехлов (84 чехла) с ОТВС из сооружения "2А";
- оборудование рабочего участка перечехловки на месте выгруженных чехлов с ОТВС в сооружении "2А";
- перечехловка, выгрузка и вывоз на ПО «Маяк» чехлов с ОТВС из сооружения "2А" для освобождения места под временное хранение новых чехлов с ОЯТ и пеналов с дефектным ОЯТ;
- выгрузка чехлов с ОТВС из сооружения "2Б" на рабочий участок, перечехловка ОТВС; накопление отгрузочной партии чехлов и вывоз на ПО «Маяк»;
- выгрузка чехлов с ОТВС из сооружения "3А" на рабочий участок, перечехловка ОТВС; накопление отгрузочной партии чехлов и вывоз на ПО «Маяк»;
- выгрузка ОТВС из контейнеров типа б и загрузка в новые чехлы;
- перечехловка и выгрузка оставшихся ОТВС из сооружения "2А", вывоз на ПО «Маяк»;
- подготовка к вывозу и вывоз на ПО «Маяк» дефектного ОЯТ.

Представленный вариант обращения с топливом (вариант – I, НИКИЭТ) позволяет минимизировать временные и финансовые затраты при обеспечении необходимой безопасности проведения работ и, по предварительно выполненным оценкам, за счет отказа от создания новой инфраструктуры не менее, чем на 6-7 лет сокращает время хранения ОЯТ до переработки [НИКИЭТ, 2004 а].

Предлагаемое ВНИПИЭТ создание новой инфраструктуры – вариант II («горячие камеры», площадки временного хранения, новая дорога, дополнительные санпропускники – комплекс помещений для переодевания персонала в специальную рабочую одежду и прохождения санитарной обработки после окончания работ, пункты дезактивации, новое судно-контейнеровоз), с одной стороны, повышает степень безопасности при обращении с ОЯТ, с другой стороны, затрагивает практически только процессы перечехловки и последующего обращения с ОЯТ и не может изменить характер работы в наиболее радиационно-опасных условиях, в которых должна производиться выгрузка ОЯТ из ячеек хранилищ, осушение чехлов и их транспортировка к месту перечехловки [НИКИЭТ, 2004 б].

Более того, увеличение времени наиболее опасного с точки зрения деградации топлива хранения в нештатных условиях (при наличии воды в чехлах и ячейках хранилищ) может приводить к ухудшению радиационной обстановки (есть реальные доказательства удвоения уровней активности за год хранения ОЯТ в хранилище 2Б).

Как следствие, должны увеличиться дозозатраты на проведение этой операции.

Кроме того, обслуживание БСХ в процессе хранения топлива в течение более длительного времени, необходимость выполнения строительных работ в условиях радиационного воздействия может привести к дополнительным дозозатратам и увеличению их интегральных значений при выполнении работы.

Таким образом, можно предположить, что уменьшение одних рисков, связанное с созданием дополнительных барьеров безопасности в процессе обращения с ОЯТ, может привести к увеличению других, обусловленных существенным ускорением деградации топлива при увеличении времени хранения в нештатных условиях, необходимого для создания новой инфраструктуры [НИКИЭТ, 2004 а, б].

В результате к моменту создания новой инфраструктуры возможно качественное изменение состояния топлива, которое сделает невозможным использование разработанных на сегодня способов и оборудования для обращения с топливом и возможно приведет к необходимости использования непосредственно на БТБ радиохимических способов его утилизации.

Необходимо отметить, что создание дополнительной инфраструктуры повлечет необходимость ее последующей утилизации с образованием значительных количеств РАО.

В настоящее время не принято окончательное решение о том, какой вариант будет принят за базовый при проектировании схемы транспортно-технологических операций по обращению с ОЯТ и РАО на объектах СевРАО в губе Андреева. По нашему мнению, скорее всего, необходим третий вариант, включающий наиболее оптимальные, с точки зрения обеспечения радиационной безопасности персонала, проектные решения из вариантов I и II. В этой связи представляется целесообразным участие органов регулирования в оценке предлагаемых проектных решений и, в частности, Института биофизики, который сам не является органом регулирования, но разрабатывает для органов регулирования нормативно-методическое обеспечение.

В связи с вышеизложенным в данном разделе анализируются методические подходы по оценке потенциальной опасности выполнения технологических операций по обращению с ОЯТ в БСХ, которые будут обязательно выполняться при любом принятом варианте проектирования и по оценке потенциальной опасности облучения персонала.

Прогноз доз облучения персонала при обращении с ОЯТ в условиях предприятий Сев РАО и уменьшение их последствий

Согласно вариантам проекта [НИКИЭТ, 2004 а, б] при обращении с ОЯТ на БСХ, расположенных в губе Андреева, наряду с другими существуют технические риски, т.е. все риски, связанные с операциями по обращению с ОЯТ в процессе нормализации условий хранения и вывоза на переработку, включая экстремальное воздействие природных явлений (наводнение, смерчи и т.п.) и возникновение аварийных ситуаций.

Для оценки возможных доз облучения персонала при реализации технических рисков и возникновении аварийных ситуаций и планирования технологических операций по ликвидации их последствий необходимо проведение прогностических расчетов, основанных на:

- Определении сценария развития возможных аварийных ситуаций в процессе хранения и вывоза ОЯТ на переработку (с перечнем исходных событий развития аварийной ситуации и обоснованием конечного состояния);
- Определении перечня, последовательности и времени выполнения, необходимых аварийно-восстановительных технологических операций;
- Проведение (при возможности) экспериментальной имитации отдельных аварийных ситуаций с целью измерения соответствующих параметров радиационной обстановки.

При этом предполагается создание безопасного моделирования отдельных аварийных ситуаций (например – моделирование ситуации, когда ОТВС приподнята и застряла) без присутствия людей в месте проведения работ, но с дистанционным измерением параметров радиационной обстановки. В данных исследованиях считаем необходимым участие Института биофизики, поскольку разработка нормативных документов весьма затруднена, если разработчик не знает реально предмет исследования и использует только данные других организаций.

Для существующих на данный момент проектных решений [НИКИЭТ 2004 а,б] практически определены сценарии развития возможных аварийных ситуаций, а также перечень и последовательность выполнения необходимых аварийно-восстановительных технологических операций. Что касается времени их выполнения, то эти данные пока отсутствуют.

Для проведения экспериментальной имитации отдельных аварийных ситуаций с последующим измерением параметров радиационной обстановки следует:

- Определить перечень аварийных ситуаций, которые можно симитировать в реальных условиях БСХ (а в последующем и на других объектах, при транспортировании ОЯТ и др.);
- Определить необходимые и достаточные меры по обеспечению требований ядерной и радиационной безопасности при проведении моделирования аварийных ситуаций, исключающих какую-либо опасность для персонала и исследователей;
- Определить участников работ по имитации отдельных аварийных ситуаций (предполагается непосредственное участие специалистов ИБФ, НИКИЭТ и СевРАО);
- Определить приборно-методическое обеспечение;
- Составить и согласовать Программу организации и проведения работ с обязательными мероприятиями по обеспечению безопасности.

2.1.3 Разработка нормативно-методических документов по регулированию радиационной безопасности

В ходе выполнения запланированного объема работ по Задаче 2 будут подготовлены следующие научные и научно-методические документы (НМД):

1. Научный отчет, содержащий результаты анализа данных радиационного контроля СРБ филиала № 1 ФГУП «СевРАО» и результаты измерений параметров радиационной обстановки на основных рабочих местах персонала БСХ, выполненных специалистами ГНЦ ИБФ. В отчете будут представлены результаты измерения следующих факторов:

- мощности доз внешнего бета-излучения;
- мощности доз внешнего гамма- излучения;
- мощности доз внешнего нейтронного излучения;
- распределение мощности дозы по телу;
- объёмная активность и физико-химические параметры радиоактивных аэрозолей;
- уровни загрязнения поверхностей.

2. Без получения реальных количественных результатов измерения факторов радиационного воздействия будет невозможно дальнейшее выполнение работы, поскольку они являются исходными для:

- прогнозирования доз облучения персонала при проведении технологических операций по обращению с ОЯТ и РАО;
- прогнозирования доз облучения персонала при проведении аварийных и аварийно-восстановительных работ;
- разработки рекомендаций по применению СИЗ персонала в реальных условиях СевРАО;
- разработки рекомендаций по применению средств коллективной защиты персонала в реальных условиях СевРАО;
- разработки итогового Руководства «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при проведении работ на объектах СевРАО» и выполнения, тем самым, функций регулирования радиационной безопасностью.

Руководство «Гигиенические нормативы доз облучения персонала при проведении штатных, нештатных и аварийно-восстановительных работ при обращении с РАО и ОЯТ»

Данный документ является основным составляющим элементом системы регулирования радиационной безопасностью персонала, осуществляющего работы по обращению с ОЯТ и РАО. На базе оценок вероятности возникновения нештатных или аварийных ситуаций будет разработана перспективная категоризация всего комплекса операций по обращению с ОЯТ и РАО. Соблюдение установленных нормативов для каждого конкретного вида работ (штатных, нештатных и аварийно-восстановительных) позволит гарантировать не превышение основных дозовых пределов облучения персонала. Все планируемые технологические операции должны быть разделены на категории радиационной опасности (см. задачу 4) и для каждой категории будут разработаны соответствующие защитные мероприятия, включающие в себя:

- применение средств коллективной защиты персонала в реальных условиях СевРАО;

-
- применению СИЗ персонала в реальных условиях СевРАО;
 - организацию проведения работ только по специальному разрешению-допуску;
 - специфические требования к организации радиационного контроля;
 - организацию санитарно-пропускного режима и др.

Перечень основных рабочих мест и выполняемых операций с прогнозом возможных нештатных и аварийных ситуаций.

Перечень основных рабочих мест и выполняемых операций необходим для их последующего анализа и присвоения операциям соответствующего статуса (задача 4), который может быть определен на основании прогноза возможных нештатных и аварийных ситуаций.

Без подготовки перечня основных рабочих мест и выполняемых операций задача 4 (присвоение технологическим операциям соответствующего статуса) и задача 3 (Методические указания «Применение средств индивидуальной, локальной и коллективной защиты персонала при работах на объектах СевРАО») практически не могут быть выполнены.

Методическое руководство «Применение средств индивидуальной, локальной и коллективной защиты персонала при работах на предприятиях СевРАО».

Разработка предусмотренного контрактом Руководства «Применение средств индивидуальной, локальной и коллективной защиты персонала при работах на объектах СевРАО» является необходимым этапом обеспечения безопасности персонала при проведении работ по сбору и переработке радиоактивных отходов и перегрузке отработавшего ядерного топлива из хранилищ БТБ.

Отсутствие данного документа отрицательно повлияет на выполнение работ на предприятиях «СевРАО» по следующим причинам:

- В настоящее время персонал «СевРАО» использует средства индивидуальной защиты, которые ранее применялись на атомном флоте. Эти СИЗ не соответствуют условиям проведения работ на открытом воздухе в тяжелых климатических условиях, многие из этих средств устарели и не сертифицированы в соответствии с Порядком сертификации СИЗ, существующем на предприятиях и объектах Федерального медико-биологического агентства и Федерального агентства по атомной энергии;
- При проведении работ по извлечению из хранилища ОТВС необходимы эффективные средства индивидуальной и коллективной защиты от внешнего излучения, от поступления радиоактивных веществ в органы дыхания и загрязнения кожных покровов радиоактивными веществами. С учетом высокой мощности дозы гамма-излучения отборок с облученным ядерным топливом применяемые средства индивидуальной и коллективной защиты должны в минимальной степени затруднять передвижения персонала, минимально ограничивать обзор и создавать минимальную нагрузку на физиологические системы

организма человека и его работоспособность. В руководстве будут даны рекомендации по применению конкретных СИЗ, отвечающих данным требованиям, либо сформулированы требования по разработке новых СИЗ, отвечающих данным требованиям;

- При проведении работ по сбору, резке и упаковке в контейнеры большого объема радиоактивных отходов (главным образом металла), находящихся на территории «СевРАО», широко используются различные устройства для резки металлолома. Известно, что при их работе в воздух поступают как радиоактивные аэрозоли, так и целый комплекс токсичных химических веществ. В этих условиях необходимо применение СИЗ органов дыхания с автономными источниками воздухообеспечения, обеспечивающими подачу очищенного воздуха в зону дыхания;
- Применение комплекса высокоэффективных СИЗ в условиях предприятия «СевРАО» требует создания системы их эксплуатации, включая организацию спецпрачечной, участка утилизации пришедших в негодность СИЗ и др.;
- Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за применением средств индивидуальной и коллективной защиты осуществляет Федеральное медико-биологическое агентство. Поскольку применение указанных средств защиты в условиях «СевРАО» имеет существенные особенности, порядок осуществления надзора должен быть изложен в Руководстве.
- Комплекс СИЗ на предприятии «СевРАО» должен полностью соответствовать особенностям возможных аварийных ситуаций на данном предприятии, поэтому в Руководстве должен быть сформулирован порядок формирования аварийных запасов СИЗ и разработана система обеспечения индивидуальной и коллективной защиты персонала в случае потенциальной радиационной аварии.

Поскольку Руководство «Применение средств индивидуальной, локальной и коллективной защиты персонала при работах на объектах СевРАО» является составной частью комплекса нормативно-методических документов по обеспечению радиационной безопасности персонала «СевРАО» и предотвращению возможных аварийных ситуаций, своевременное завершение его разработки является необходимым условием выполнения работ по контракту. Основные положения данного Руководства войдут в виде специального раздела в итоговое по Проекту 1 Руководство.

Обоснование статуса технологических операций при обращении с ОЯТ и РАО на предприятиях СевРАО

Согласно работе [НИКИЭТ, 2004 а] осуществление технологических операций по временному хранению ОЯТ и его удалению из хранилищ БТБ, по обращению с существующими и с образующимися РАО и последующие работы по реабилитации территории БТБ проходят и будут проходить в условиях неблагоприятной радиационной обстановки.

Одним из организационных мероприятий, направленных на обеспечение радиационной безопасности, является управление дозами облучения персонала посредством определения категории планируемых радиационно-опасных работ (РОР), прогноза возможных доз облучения и разработки для каждой категории конкретных мер по их снижению.

Представляется целесообразным выделение из всей совокупности работ по обращению с ОЯТ и РАО в губе Андреева и в п. Гремиха, предусматриваемых проектами, работ с повышенной потенциальной опасностью, т.е. радиационно-опасных работ.

К радиационно-опасным работам следует относить работы в условиях фактической или потенциальной радиационной опасности, когда радиационная обстановка в месте проведения работ такова, что индивидуальная эффективная доза работника, рассчитанная из консервативных оценок, может превысить значение, равное 20 мЗв в год. РОР подразделяются на следующие категории (Таблица 1.)

Таблица 1. Классификация радиационно-опасных работ

Категория РОР	Максимальная индивидуальная эффективная доза, мЗв/год
РОР IV категории	>20 - 30
РОР III категории	>30 - 40
РОР II категории	>40 - 50
РОР I категории	>50

РОР IV - III категорий должны выполняться по наряду-допуску и специальным программам обеспечения радиационной безопасности, разработанным администрацией и согласованным территориальными органами Госсанэпиднадзора.

РОР I - II категорий должны выполняться по наряду-допуску и специальным программам обеспечения радиационной безопасности, разработанным администрацией и согласованным Федеральным органом Госсанэпиднадзора. Данные мероприятия должны обеспечить не превышение основных дозовых пределов. Для обоснования присвоения технологическим операциям по обращению с ОЯТ соответствующих категорий следует провести прогностические оценки возможных доз облучения персонала с использованием изложенных в Задаче 2 методических подходов.

Выполнение комплекса технологических операций по обращению с ОЯТ (выгрузка старого чехла с ОТВС, выгрузка ОТВС из старого чехла и ее перечехловка и др.) вследствие возможных ошибок персонала, отказов оборудования и др. причин, детально изложенных в работе [НИКИЭТ 2004 а, б], может привести к нарушению нормального хода выполнения технологической операции, нарушению установленных пределов безопасной эксплуатации и, в конечном итоге – к радиационной аварии. В связи с вышеизложенным все технологические операции по обращению с ОЯТ можно разделить на:

-
- штатные технологические операции – технологические операции, выполняемые в соответствии с проектом и утвержденным в установленном порядке технологическим регламентом;
 - нештатные технологические операции – технологические операции, выполнение которых сопровождается отклонениями от проекта и/или технологического регламента и превышением установленных пределов безопасной эксплуатации, но без развития радиационной аварии;
 - аварийно-восстановительные технологические операции – технологические операции, выполнение которых осуществляется после установления факта радиационной аварии и направлено на ликвидацию или смягчение ее последствий.

В сложившихся на объектах СевРАО неблагоприятных, с точки зрения радиационной обстановки, условиях, как нештатные, так и штатные технологические операции, не говоря уже об аварийно-восстановительных, могут быть отнесены к РОР.

Обоснование статуса технологических операций (присвоение соответствующих категорий потенциальной радиационной опасности) и их вида (штатные, нештатные и аварийно-восстановительные) являются необходимым звеном в процессе разработки Руководства «Гигиенические нормативы доз облучения персонала при проведении штатных, нештатных и аварийно-восстановительных работ при обращении с РАО и ОЯТ» и, следовательно, одним из составляющих элементов системы регулирования радиационной безопасностью персонала СевРАО.

Выполнение задачи 5, а именно - разработка итогового Руководства «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при проведении работ на объектах СевРАО» является обобщающим этапом работы по Проекту 1 и по основным направлениям Проектов 2 и 3.

Разработка итогового руководства «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при работах на предприятиях СевРАО»

При планировании работ по Проекту 1 предполагалось, что проектными организациями будут предложены в окончательном виде проектные решения по выполнению технологических операций при обращении с ОЯТ и РАО и реабилитации территорий, зданий и сооружений объектов СевРАО в губе Андреева и в п. Гремиха [NRPA, 2004]. Однако, работы над данными проектами затянулись, что не может не отразиться на содержании итогового Руководства, которое необходимо подготовить в определенные Проектом 1 сроки. В настоящее время не следует рассматривать итоговое Руководство как документ, способный регулировать радиационную безопасность персонала и населения при выполнении всего комплекса работ по обращению с ОЯТ и РАО и реабилитации территорий, зданий и сооружений объектов СевРАО.

Сегодня итоговое Руководство, по нашему мнению, должно и может решить следующие задачи:

- обеспечение радиационной безопасности персонала СевРАО при выполнении работ в наиболее радиационно-опасных условиях, в которых должна производиться выгрузка ОЯТ из ячеек хранилищ, осушение чехлов и их транспортировка к месту перечехловки. Эти операции будут обязательно выполняться при любом принятом варианте проектирования (I или II, см. введение к отчету) с относительно небольшими изменениями в существующей технологии;
- обеспечение радиационной безопасности персонала при возникновении нештатных и/или аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при выполнении операций выгрузки ОЯТ из ячеек хранилищ, осушения чехлов и их транспортировке к месту перечехловки;
- обеспечение радиационной безопасности населения или персонала при последующем после реабилитации использовании территории посредством разработки критериев остаточного загрязнения территории, зданий и сооружений объектов СевРАО радиоактивными веществами для нескольких наиболее вероятных вариантов их вывода из эксплуатации (неограниченного использования, ограниченного использования как промышленного объекта с применением радиоактивных материалов, ограниченного использования как промышленного объекта без применения радиоактивных материалов и др.);
- обоснование выбора оптимальных, с точки зрения обеспечения радиационной безопасности, проектных решений посредством разработки требований к проектированию технологии обращения с ОЯТ и РАО, к применению средств коллективной, индивидуальной и локальной защиты персонала, к приборно-методическому обеспечению радиационного контроля, к допустимым значениям доз облучения персонала при выполнении штатных, нештатных и аварийно-восстановительных работ и др.

В последующем, в ходе выполнения подзадачи 4.5. и по мере наработки соответствующих проектных решений, будут получены новые экспериментальные данные по величине реальных параметров радиационной обстановки при всем комплексе работ с ОЯТ, будут получены прогностические оценки изменения радиационной обстановки при реабилитации территории, зданий и сооружений объектов СевРАО в соответствии с проектом, возникнет задача разработки нового Руководства по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ на объектах СевРАО, основанного на окончательно принятых проектных решениях.

Ниже приводится предполагаемая структура итогового Руководства.

Предполагаемая структура Санитарных правил обеспечения радиационной безопасности при проведении работ обращению с ОЯТ:

I	Область применения
II	Нормативные ссылки
III	Общие положения
IV	Требования к организации и проведению технологических процессов обращения с облучённым топливом
V	Требования к оборудованию, инструменту и оснастке
VI	Требования к организации вентиляции
VII	Требования к персоналу
VIII	Личная гигиена персонала*
IX	Средства индивидуальной, локальной и коллективной защиты персонала
X	Обеспечение безопасности населения*
XI	Организация радиационного дозиметрического контроля
XII	Предупреждение радиационных аварий и ликвидация их последствий
XIII	Вывод хранилищ облучённого топлива СевРАО из эксплуатации**
XIV	Медицинское обеспечение радиационной безопасности*

* - темным фоном выделены разделы правил, которые будут включены в документ только при наличии специфических для объектов СевРАО условий;

** - данный раздел может быть включен в документ только при наличии проектных решений.

2.2 Аспекты защиты населения

2.2.1 Общая характеристика

Береговые технические базы – комплексы хранения отработанного ядерного топлива и радиоактивных твердых и жидких отходов - территориально сосредоточены в закрытом административном территориальном образовании (ЗАТО) Заозерск (Губа Андреева Кольского залива) и ЗАТО Островной (поселок Гремиха на побережье Баренцева моря).

БТБ в губе Андреева является одним из самых крупных объектов Северного флота по хранению ОЯТ и РАО. По данным 2004 г. на промплощадке в 3-х хранилищах сосредоточено $\sim 1,3 \cdot 10^{17}$ Бк ОЯТ с выдержкой более 25 лет (срок хранения ОЯТ), в котором основными радионуклидами являются продукты деления ^{137}Cs и ^{90}Sr при незначительном вкладе актиноидов (доли процентов). Актиноиды, возможно, имеют и незначительный вклад в общую активность, но весьма важны при долговременном обращении с РАО. Общая активность ТРО и ЖРО составляет $6,6 \cdot 10^{14}$ и $4,5 \cdot 10^{12}$ Бк соответственно, которая обусловлена также главным образом ^{137}Cs и ^{90}Sr . На БТБ поселка Гремиха находится значительно меньшее количество

ОЯТ, суммарная активность которого > 10 раз ниже, чем в хранилищах губы Андреева, а ТРО в 20 раз меньше [Мастер-план, 2004].

Разработка критериев и нормативов для реабилитации БТБ в губе Андреева и поселке Гремиха требуют детального анализа радиационной обстановки в этих регионах.

Исследования радиационной обстановки выполняются в последние годы рядом организаций, среди которых: СевРАО, ВМФ, ЦГСН № 120, РНЦ «Курчатовский институт», НИКИЭТ, МНЦЭБ Росатома. Наиболее полноценные исследования проводит НИКИЭТ, но, как правило, эти исследования, в основном, ограничены промышленной площадкой. Работы НИКИЭТ^а показывают, что в целом, радиационная обстановка на территориях БТБ характеризуется как неблагоприятная, или имеющая тенденцию к ухудшению [НИКИЭТ, 2004 б], хотя к настоящему времени нормы регулирования не превышены.

По данным ПСЛ ЦГСЭН № 120 радиационная обстановка в 2004 году характеризовалась как спокойная, а дозовые нагрузки на персонал – незначительные [ЦГСЭН–120, 2004] при том, что анализ дозовых нагрузок персонала группы А и Б свидетельствует об увеличении на БТБ поселка Гремиха объема радиационно-опасных работ, а средняя эффективная доза имеет тенденцию к увеличению (1,57 мЗв в 2004 г. по сравнению с 1,15 мЗв в предыдущем). В Губе Андреева средняя эффективная доза в 2004 г. (0,35 мЗв) по сравнению с 2003 г. (0,66 мЗв) меньше в 1,9 раза. В то же время радиационная ситуация, сложившаяся в Северо-западном регионе России, в т.ч. на территории Мурманской области, в 2003 году в целом характеризовалась как удовлетворительная [РГП, 2004]. Таким образом, реальное облучение персонала на сегодняшний день ниже соответствующих нормативов, поскольку контроль над радиоактивными материалами является удовлетворительным. Потенциальная угроза заключается в том, что ситуация может коренным образом ухудшиться в случае начала работ по реабилитации территории БТБ, при обращении с ОЯТ и РАО.

Цель настоящего раздела работы: собрать из доступных существующих источников имеющиеся данные по радиационной обстановке в районах БТБ, проанализировать данные материалы и оценить радиационную опасность и угрозы от БТБ; в связи с этим изложить неотложные задачи регулирующих функций ФМБА.

При анализе имеющихся материалов, особое внимание в данном отчете уделялось неучтенным в проводившихся до настоящего времени исследованиях факторам, которые могут оказать значительное влияние на формирование доз облучения населения и эколого-гигиеническую обстановку в регионе.

Отмечается различие в подходах между российскими и скандинавскими странами в отношении защиты биоты. В России самостоятельные критерии по защите биоты отсутствуют. Однако в условиях аварийных ситуаций на малозаселенном Севера критерии по защите биоты могут потребоваться.

Следует обсудить вопрос о применении соответствующих критериев скандинавских стран.

2.2.2 Оценка радиационной обстановки окружающей среды в районе БТБ в губе Андреева и поселке Гремиха

БТБ в Губе Андреева

Губа Андреева, расположенная в 5 км от г. Заозерска, один из самых крупных объектов Северного флота по хранению РАО и ОЯТ. Площадь, приспособленная под хранилища и административные здания, занимает в общей сложности около 2-х га. Детальное обследование радиационной обстановки на БТБ в Губе Андреева проводилось в основном на промышленной площадке и вдоль береговой черты в непосредственной близости к объектам, расположенным на площадке [НИКИЭТ, 2004 а, б; ЦГСЭН–120, 2003, 2004; Курчатовский институт, 1997, 2000; NRPA, 2004]. Населенных пунктов в районе Губы Андреева нет. СЗЗ ограничена пределами территории объекта. В ЗН входит прилегающая к объекту территория радиусом 10 км с центром в точке берегового хранилища ОЯТ [НИКИЭТ, 2004 б].

Радиационная обстановка на площадке

Радиационная обстановка в районе СЗЗ БТБ оценивалась по результатам дозиметрического обследования и результатам анализа проб грунта в точках береговой черты и по анализам проб воды и донных отложений (таблицы 2 и 3). Схема исследования окружающей среды, проводимых специалистами ВМФ совместно с РНЦ «Курчатовский институт» [Курчатовский институт, 1997, 2000], представлена на рисунке 1. Цифрами в кружках указаны места отбора проб.

Как следует из данных таблицы 3 соотношение « $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ » колеблется в широких пределах, что свидетельствует о наличии очагов локальных радиоактивных загрязнений разной степени активности. Аномальные загрязнения ^{137}Cs почвы зарегистрированы в районе причала – до 4000 Бк/кг, в низине между площадкой хранения ОЯТ и ТРО и кладбищем кораблей – до $2 \cdot 10^4$ Бк/кг, и у здания 5 вдоль ручья – до 10^6 Бк/кг [Курчатовский институт, 1997; NRPA, 2004]. В первой колонке таблицы 3 номерами отмечено место расположения на рисунке. Уровень 10^6 Бк/кг – точка отбора 1 и 2; $2 \cdot 10^4$ Бк/кг соответствует точке 3; значение 4000 Бк/кг – у района причала – точки 24 и 26.

Суммарная β -активность радионуклидов определялась в водорослях, перифитоне, бентоносных организмах у кромки воды у причалов стоянки спецсудов и СЗЗ [НИКИЭТ, 2004 б, ЦГСЭН–120, 2004]. Результаты измерений суммарной β -активности радионуклидов в гидробионтах представлены в таблице 4. Суммарная β -активность – это активность, обусловленная всеми бета – излучателями, присутствующими в исследуемой пробе. Градуировка измерительной аппаратуры в этом случае проводится по бета – излучателям – ^{40}K или ^{90}Sr .

Таблица 4 – Суммарная удельная β -активность в морских гидробионтах в акватории БТБ губы Андреева

Как видно из материалов таблицы 4, загрязнение водорослей и перифитона в районе стоянки судов примерно в 12 – 19 раз (более чем на порядок) выше по сравнению с теми же водными растениями, отобранными в СЗЗ. При этом загрязнения донных отложений различаются только в 3 раза. Это говорит о том, что в водных организмах наблюдается накопление техногенных радионуклидов. Указанная ситуация должна быть проверена дополнительными исследованиями, так

как приведенные значения удельной активности говорят о существенном воздействии на окружающую среду. Накопления радионуклидов в гидробионтах могут привести к повышению содержания этих радионуклидов в продуктах моря.

Согласно приведенным выше материалам (таблицы 2-4), источником загрязнения территории губы Андреева является площадка хранения ОЯТ, загрязняющая почву вдоль ручья от здания 5 и воду в нем. Территория и акватория прибрежной полосы БТБ загрязнена ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{60}Co . Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях береговой полосы колеблется от <20 до 600 Бк/кг в зависимости от удаленности от устья ручья. Содержание ^{137}Cs -в воде ручья также колеблется в больших пределах – <20 -500 Бк/л около здания 5 (разброс диапазона характеризует образцы, отобранные в разное время за апрель-май 1999 года, в одном и том же месте). Объемная активность ^{60}Co в почве береговой зоны составляла 13 – 152 Бк/кг [НИКИЭТ, 2004 а].



Рисунок 1. Схема отбора проб окружающей среды

Таблица 2. Содержание ^{137}Cs в окружающей среде СЗЗ БТБ губы Андреева

№ на схеме	Вид пробы	Место отбора	^{137}Cs , Бк/кг
1	Вода	Ручей от здания 5	<20-500*
2	Вода	Ручей в заливе	<20
3	Вода	«Родник» у дороги	<20
4, 5	Донные отложения	Губа Андреева	<20-600*
6, 7, 8	Донные отложения	Губа Андреева	50
4	Донные отложения	Губа Андреева	130
5	Донные отложения	Губа Андреева	600
3	Грунт	Склон БСХ	<20-180
3	Грунт	У дороги пр. БСХ 2А	180
3	Грунт	Склон БСХ	1600

Таблица 3. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающей среде СЗЗ БТБ губы Андреева

№ на схеме	Дата отбора	Место отбора	Вид пробы	^{137}Cs , Бк/кг	^{90}Sr , Бк/кг	$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$
1	03.05.99	Ручей от здания 5	Вода	45	150	3,3
1	30.04.99	Ручей от здания 5	Вода	310	200	0,65
3	19.05.99	У дороги БСХ 2А	Грунт	180	360	2,0
3	19.05.99	У дороги БСХ 2А	Грунт	<20	240	12,0
3	19.05.99	Ложбинка у ПЕК-50	Грунт	450	7500	16,6
3	14.05.99	Склон БСХ	Грунт	550	670	1,2
3	14.05.99	Склон БСХ	Грунт	550	<20	0,04
4	14.05.99 20.05.99**	Губа Андреева	Донные отложения	130	80**	0,61
5	14.05.99 20.05.99**	Губа Андреева	Донные отложения	600	90**	0,15
7	20.05.99**	Губа Андреева	Донные отложения	<20	<35	1,75
8	21.05.99	Губа Андреева	Донные отложения	<20	70	3,5

* Разброс диапозона характеризует образцы, отобранные в разное время (в период за апрель-май 1999 года) в одном и том же указанном месте. Возможно, такой разброс связан с процессом таяния снегов.

** Результаты исследования соответствуют указанной дате отбора

Таблица 4. Суммарная удельная β -активность в морских гидробионтах в акватории БТБ губы Андреева

Место отбора проб	Наименование пробы	Удельная активность, $n \cdot 10^2$ Бк/кг
У причалов стоянки спецсудов	Водоросли	46,7
	Перифитон	25,3
	Бентос	2,07
	Донные отложения	6,03
Санитарно-защитная зона	Водоросли	2,52
	Перифитон	1,98
	Бентос	1,15
	Донные отложения	2,11

Радиационная обстановка за пределами площадки

Имеющиеся материалы по радиационно-гигиенической обстановке за пределами территории БТБ в Губе Андреева весьма ограничены. Радиоактивное загрязнение территорий, окружающих базу, в том числе в городе Заозёрске*, входящим в ЗН изложено в материалах [ЦГСЭН–120, 2003, 2004; Курчатовский институт, 2000]. Имеющиеся параметры радиационной обстановки вне промышленной площадки могут быть охарактеризованы следующим образом:

Гамма-фон на территории г. Заозёрск находится в диапазоне 0,1–0,2 мкЗв/ч. По материалам [ЦГСЭН–120, 2003, 2004] средние значения гамма – фона на местности в СЗЗ, ЗН, жилпоселке не отличаются между собой, составляя 0,09 – 0,11 мкЗв/час, т. е. находятся на уровне средних значений гамма – фона, характерного для равнинных районов России [Гайфун, 2004].

Согласно [ЦГСЭН–120, 2003; 2004] среднегодовая концентрация ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосферном воздухе СЗЗ и ЗН составляет соответственно ($<0,03$ – $<0,7$) и ($<0,22$ – $0,7$) Бк/м³. К сожалению, время экспозиции аспирационных фильтров не указано. Данные значения в десятки раз ниже допустимой удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосферном воздухе [НРБ-99].

В образцах проб почвы, отобранных в г. Заозерске, содержание ^{137}Cs не превышало 50 Бк/кг [Курчатовский институт, 2000]. В таблице 5 представлено содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в почве и растительности, отобранных на расстоянии 500 – 3000 м от промышленной площадки БТБ в губе Андреева. Представленные в таблице 5 уровни значительно ниже по сравнению с промышленной площадкой и уменьшаются в зависимости от расстояния.

В пробах мха содержание радионуклидов (к юго-востоку от площадки) составляло: по ^{137}Cs – 4,1–64,1 Бк/кг, по ^{90}Sr – ниже чувствительности применяемого метода – максимальное измеренное значение – 3,9 Бк/кг [Курчатовский институт, 2000].

Ягоды (черника) - ^{137}Cs – 203,1 Бк/кг, ^{90}Sr – 12,5 Бк/кг. [[ЦГСЭН–120, 2004].

* Город был образован в 1958 г., переименовывался несколько раз: Заозерный, Североморск-7, Мурманск-150, Западная Лица. Территория г. Заозерска составляет 775 гектаров. В городе построено 112 жилых домов, которые расположены на 8-ми улицах и в 4-х переулках. Жителей более 20 тысяч.

Представленные характеристики – единичные результаты исследования, на основании которых нельзя заключить, что проведенные оценки состояния окружающей среды являются полноценными и корректными. Если данные по площадке получены в результате многократных измерений, то данные по пробам мха и черники – однократные измерения.

Таблица 5. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и растительности за пределами площадки БТБ губы Андреева в 2004 г.

Место отбора	Вид пробы	Расстояние от источника, м	^{137}Cs , Бк/кг	^{90}Sr , Бк/кг
Долина ручья КПП 1	Почва	500	12,3	4,11
Долина ручья КПП 1	Растительность	500	4,4	0,70
Дорога у КПП	Почва	1000	8,32	2,34
Дорога у КПП	Растительность	1000	1,04	1,79
Дорога у стадиона	Почва	1500	7,93	3,21
Дорога у стадиона	Растительность	1500	1,11	0,66
Дорога оз. Подкова	Почва	3000	6,33	3,14
Дорога оз. Подкова	Растительность	3000	0,93	0,61

Объемная активность ^{137}Cs в морской воде акватории на расстоянии 20 м от берега составляет 5-7 Бк/м³ при фоновом содержании для данного района ~10 Бк/м³ [Курчатовский институт, 2000]. Полученные данные хорошо согласуются с данными исследований Баренцева моря, полученными в 1970–1990 гг. [Вакуловский С. М., 2003].

Содержание радионуклидов ^{137}Cs , ^{232}Th , ^{60}Co , ^{40}K в морской воде в Губе Андреева и в пресной воде, отобранной в озерах Подкова, Питьевое и в ручье у КПП-12 находится практически на одном уровне: <4, <8, <7, и <40 Бк/м³, соответственно. Суммарная удельная β -активность как морской, так и пресной воды, также одинакова [ЦГСЭН–120, 2003]. Такое однообразие для морской и пресной воды не характерно и говорит о недостаточной чувствительности используемых методов анализа. Представленные данные по содержанию радионуклидов в морской воде и пресных водоемах показывает необходимость дополнительного исследования пресных водоемов, поскольку со временем возможно изменение содержания техногенных радионуклидов за счет миграции с подземными водами и смывов с поверхности почвы.

В работе [ЦГСЭН–120, 2003] приведены прогнозные оценки доз облучения населения при нормальных условиях работы БТБ. Так, индивидуальная максимальная доза облучения населения г. Заозерска составит 9,5–19,0 нЗв/год, а в районе Нерпичья и Большая Лопатка 40-81 и 19-38 нЗв/год соответственно.

Расчетная индивидуальная максимальная доза облучения населения на ближней границе СЗЗ не превышает 1 мкЗв/год. Однако эти прогнозные расчеты, в частности, оценка внутреннего облучения населения, на наш взгляд, весьма гипотетические. Не ясно, какой рацион положен в основу расчета, весьма вероятно, что реальная структура питания населения Мурманской области не учитывалась. Кроме того, отсутствуют корректные данные по содержанию основных дозообразующих радионуклидов в пищевых продуктах, в том числе местных (оленина, рыба, дикорастущие). Данные оценки должны быть проверены. Так как в приведенных расчетах не ясен вклад в рацион местных пищевых продуктов. А вклад с ними может быть большой из-за особенностей миграции радионуклидов в районах крайнего Севера».

БТБ в поселке Гремиха

Поселок Гремиха расположена на восточном побережье Кольского полуострова*. Ситуационный план Гремихи показан на рисунке 2. База находится приблизительно в 350 км от входа в Кольский залив, на границе свободных в зимнее время от льда вод. Удаленность БТБ от населенных пунктов г. Островного и пос. Гремиха составляет 1,5 – 2 км по суше. Площадь технической территории составляет 6,4 га при общей площади предприятия 14,98 га; протяженность периметра по суше – 0,68 км, по береговой черте – 0,655 км. На территории промышленной зоны размещены 18 наиболее радиационно-опасных зданий и сооружений. Данные по оценке радиационной обстановки на территории БТБ в Гремихе весьма малочисленны [Сев РАО, 2001; ЦГСЭН–120, 2003, 2004; РГП СевРАО, 2004; Росатом, 2005].

Радиационная обстановка на площадке

Радиационные обследования территории и акватории БТБ, проводившиеся различными организациями, показали, что экологически значимую опасность представляет ПВХТРО с размещенными на ней контейнерами с ОТВС и высокоактивными ТРО. Активность с площадки распространяется по территории базы и в ближайшую акваторию. Мощность дозы в ряде точек площадки достигает примерно 10 тыс. мкЗв/час [Росатом, 2005]. Последствия загрязнений преимущественно определяются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Влияние региональных природных факторов проявляется в низкой скорости самоочищения подвергнутого радиоактивному загрязнению почвенного покрова и грунтов территории БТБ. Уровни радиоактивного загрязнения территории сохраняются неизменными относительно начальных уровней содержания радионуклидов в почве. Так, максимальная удельная активность верхнего слоя почвы (до 10 см) в районе сухого дока составляет по Cs^{137} – $9,5 \cdot 10^5$, по Sr^{90} – $3,9 \cdot 10^5$ Бк/кг. При этом наиболее

*Общая протяженность причального фронта с береговыми сооружениями составляет 6770 метров. Первые поселения в Гремихе появились еще в конце 19-го века. В настоящее время на территории, разделенной ручьем, сосредоточен старый посёлок – Гремиха и новый – Островной, расположенные на стыке Баренцева и Белого морей в 400 км к востоку от Мурманска. В 2004 году численность населения, проживающего в Гремихе, составляла 1900 человек, а в г. Островном – 2900. Есть мнения, что причалы, подъездные пути и другие объекты инфраструктуры пос. Гремихи можно использовать для развития прибрежного рыболовства.

возможными факторами являются ветровой подъем радионуклидов почвы и грунта с площадки ВХТРО, а также последствия неоднократных аварийных проливов ЖРО [Сев РАО, 2001]. Однако проверить старое ли это загрязнение или загрязнение за счет ветрового подъема представляется весьма затруднительным.

Результаты определения уровней загрязнения почвы и растительности на территории промышленной площадки показывают очень высокие уровни загрязнения этих объектов окружающей среды (таблица 6). Выше, в разделе, описывающем уровни загрязнения почвы на БТБ в губе Андреева, в таблицах, как правило, приводятся данные по СЗЗ и ЗН. А данные по загрязнению промышленной площадки приведены в тексте – см., например, уровни содержания ^{137}Cs в почве у здания 5, достигающие до 10^6 Бк/кг. Подобные данные по промплощадке в Гремихе сведены в таблицу 6. Отметить на рисунке места расположения приведенных в таблице 6 точек не представляется возможным.

Однако существенного влияния загрязнений площадки на территорию СЗЗ, в отличие от данных по губе Андреева, на БТБ в Гремихе не отмечено. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и растительности в СЗЗ по единичным данным находится на уровне глобальных выпадений (таблица 7) [ЦГСЭН–120, 2004].

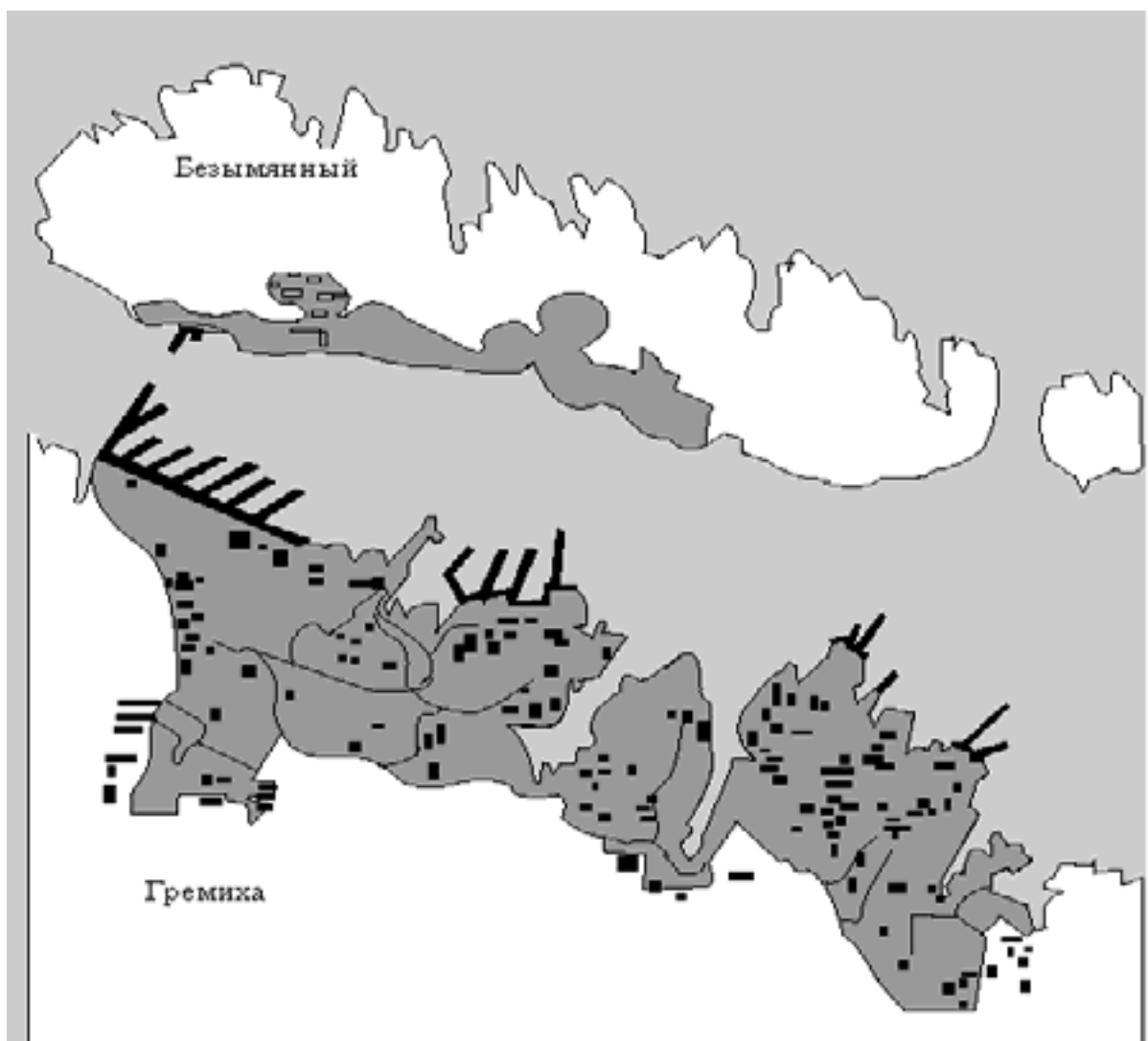


Рисунок 2. Ситуационный план поселка Гремиха

Формы нахождения радионуклидов в почвах и пути миграции их во внешней среде как в губе Андреева, так и в Гремихе практически никем не оценивались.

Объемная активность радионуклидов в атмосферном воздухе в районе ПВХТРО и в СЗЗ в 2004 году составляла по ^{137}Cs и ^{90}Sr соответственно $<0,7$ и $<3,0$ Бк/м³ [ЦГСЭН–120, 2004]. По другим данным за тот же период времени среднегодовая удельная активность радионуклидов в воздухе (Бк/м³) СЗЗ в десятки раз больше: средняя по ^{137}Cs – 37,0; по ^{90}Sr – 37,0 [СевРАО, 2004].

Данные по объемной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в донных отложениях, водорослях в прибрежных водах отсутствуют. Уровни суммарной бета – активности в водорослях в районе сухого дока и причала 8 составляют 430,0 Бк/кг и 230 Бк/кг, соответственно [ЦГСЭН–120, 2004].

Таблица 6. Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и растительности на площадке БТБ поселка Гремиха

Место отбора проб	Вид проб	^{137}Cs Бк/кг	^{90}Sr Бк/кг
ПВХ ТРО т.А	Почва	$3,1 \cdot 10^5$	$9,0 \cdot 10^4$
ПВХ ТРО т.В	Почва	$6,8 \cdot 10^4$	$5,4 \cdot 10^3$
ПВХ ТРО т.С	Почва	$3,6 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^4$
Площадка ЖРО т.1	Почва	$1,2 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$
Площадка ЖРО т.2	Почва	$8,0 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^3$
Площадка ЖРО т.3	Почва	$6,0 \cdot 10^2$	$8,3 \cdot 10^2$
Площадка ЖРО т.4	Почва	$2,6 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$
Площадка ЖРО т.5	Почва	$2,3 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^3$
Площадка ЖРО т.6	Почва	$2,5 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^2$
Площадка ЖРО т.8	Почва	$1,8 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^5$
Район осушки ПЕК	Почва	$9,0 \cdot 10^4$	$8,3 \cdot 10^3$
Площадка ЖРО	Растительность	$1,1 \cdot 10^3$	$5,7 \cdot 10^4$
ПВХ ТРО	Растительность	$3,2 \cdot 10^4$	$9,1 \cdot 10^3$

Таблица 7. Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и растительности в СЗЗ

Граница СЗЗ	Вид пробы	^{137}Cs , Бк/кг	^{90}Sr , Бк/кг
Внутренняя	Почва	15,0	26,0
Внутренняя	Растительность	<3,0	270
Внешняя	Почва	<3,0	<0.7
Внешняя	Растительность	<3,0	69

Радиационная обстановка за пределами площадки

- В 2003-2004 гг. средние значения гамма – фона на местности в поселке Гремиха составляли 0,095–0,12 мкЗв/час [ЦГСЭН–120, 2003, 2004].
- Объемная активность радионуклидов в воде открытых водоемов: ^{137}Cs - 160,0 и ^{90}Sr – 110,0 Бк/м³, число проб –54 [ЦГСЭН–120, 2003, 2004];
- Удельная активность лесных ягод в ЗН: ^{137}Cs – 110,0 Бк/кг и ^{90}Sr –110,0 Бк/кг, как средняя, так и максимальная величина при числе проб – 21[ЦГСЭН–120, 2003, 2004];

На наш взгляд приведенные значения требуют проверки и верификации. На основании имеющихся малочисленных данных невозможно оценить влияние предприятия на окружающую среду в ЗН. Индивидуальные эффективные дозы облучения населения не рассчитаны.

По имеющимся материалам [Сев РАО, 2001] воздействие на окружающую среду в поселке Гремиха проявляется по повышенному содержанию в почве ^{137}Cs и ^{60}Co в районе местной ТЭЦ (2400±290 Бк/кг). Отрицательное воздействие отмечено также на основании данных содержания ^{137}Cs в морской воде, водорослях и донных отложениях в районе причала 9. В акватории БТБ выявлены более высокие концентрации ^{137}Cs – до 20 Бк/м³ по сравнению с активностью воды в открытом море (~10 Бк/м³). В ламинарии содержание ^{137}Cs изменяется от 1560±160 до 1790±230 Бк/кг; в лишайниках (мхах) выявлены повышенные концентрации ^{210}Pb (^{210}Po) и космогенного ^7Be , обусловленные атмосферными выпадениями; в ягеле содержание ^{137}Cs составляет 210±20 Бк/кг, ^{60}Co < 0,4 Бк/кг.

2.2.3 Оценка радиационной опасности и угроз для окружающей среды от объектов СевРАО на основании имеющихся данных о радиационной обстановке и задач регулирующего надзора ФМБА

Оценка радиационной опасности и угроз от БТБ на основании сравнения с имеющимися нормативами для населения

В таблице 8 обобщена исходная информация по результатам исследования радиационной обстановки на площадке и за площадкой БТБ в губе Андреева и дается оценка радиационной опасности путем сравнения с имеющимися

радиационными нормативами или в случае их отсутствия с фоновыми уровнями загрязнения.

Таблица 8. Оценка радиационной опасности от БТБ на основании сравнения реальных параметров радиационной обстановки с нормативными стандартами или фоновыми уровнями

Параметр, размерность	Реальный уровень		Норматив	Фоновое содержание	Оценка радиационной опасности
	В СЗЗ	В ЗН			
Мощность дозы гамма-излучения					
μSv/h	500–3000 max 25000	0,095–0,12		0,08 – 0,2	В ЗН – в пределах фоновых колебаний
Атмосферный воздух, Вq/m³					
¹³⁷ Cs	<0,22– 0,70	<0,7	27	(1,0-3,0)×10 ⁻⁶	Ниже, чем допустимый уровень, но выше фоновых значений
⁹⁰ Sr	<0,03– <0,70	<3,0	2,7	(8,0-18,0)×10 ⁻⁶	
Почва, Вq/kg					
¹³⁷ Cs	<20–10 ⁶	1–50			На площадке: значительно выше фоновых значений
⁹⁰ Sr	<20–7500	0,5–30			
Вода моря, Вq/l					
¹³⁷ Cs	0,02	0,005– 0,007		0,006	¹³⁷ Cs в прибрежной полосе – в 3 раза выше фона
⁹⁰ Sr	Нет данных	Нет данных		0,004	
Вода открытых водоемов, Вq/l					
¹³⁷ Cs	<20-500	Нет данных		0,001–0,01	На площадке: ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в 1000 раз выше фона
⁹⁰ Sr	150-200	Нет данных		0,005–0,02	
Донные отложения, Вq/kg					
¹³⁷ Cs	<20–1500	~6		4	На площадке ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в несколько раз выше фона
⁹⁰ Sr	<35–90	Нет данных			
Водоросли, Вq/kg					
¹³⁷ Cs	>1500	Нет данных		19	На площадке ¹³⁷ Cs в 100 раз выше фоновых уровней
⁹⁰ Sr	Нет данных	Нет данных			
Питьевая вода, Вq/l					
¹³⁷ Cs	Нет данных	Нет данных	11,0		Нет данных

⁹⁰ Sr	Нет данных	Нет данных	5,0		
α-активность	Нет данных	Нет данных	0,1		
β-активность	Нет данных	Нет данных	1,0		
Основные пищевые продукты, ⁹⁰Sr / ¹³⁷Cs, Bq/kg (l)					
Хлеб	Нет данных	Нет данных	20 / 40		Нет данных
Молоко			25 / 100		
Мясо			50 / 160		
Рыба			100 / 130		
Картофель, овощи			40 / 120		
Грибы			50 / 500		
Ягоды		12,5/203,1	60 / 160		¹³⁷ Cs – выше нормы

Основные источники радиоактивного загрязнения окружающей среды, вызывающие опасения

Основными источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды, вызывающими опасения в Губе Андреева [Курчатовский институт, 2000; ЦГСЭН–120, 2003; НИКИЭТ, 2004 б; Росатом, 2004, 2005; NRPA, 2004] являются:

- Ручей, протекающий за зданием №5, и очевидно, проходящий под зданием. Объемная активность воды в ручье ниже здания №5 достигает $2 \cdot 10^4$ Бк /л. Расход воды в ручье колеблется, в летнее время составляет 10–20 л/мин. Гамма-фон над ручьем в 5 м от здания 0,03–0,04 мЗв/ч. В районе аустории ручья гамма-фон 2,3 мкЗв/ч. Трава, собранная около здания 5, содержит $5 \cdot 10^3$ Бк/кг (сухой вес) суммарной активности*.
- В результате воздействия загрязняющих факторов на окружающую среду отмечены следовые радиоактивные загрязнения морской воды в районе причалов 1,1–2,2 Бк/л (при фоновом содержании 0,22–0,26 Бк/л).
- Хранилища ЖРО – штатные и нештатные места хранения – емкости сооружения 6 и 7, а также подвал здания 6, ячейки БСХ, хранилища ТРО;

* Объемная активность ¹³⁷Cs в воде из ручья составляет постоянную в течение многих лет (с 1982 года) величину $\sim 4 \cdot 10^6$ Бк/м³ (10^{-7} Ки/л). После завершения строительства дренажной перехватывающей траншеи, содержание радионуклидов в ручье (в воде и грунте вдоль русла) и донных отложениях в прибрежной зоне губы Андреева вблизи устья ручья остались на прежних уровнях.

- БСХ ОЯТ, предназначенный для сухого хранения ОЯТ в чехлах. Концентрация радиоактивных аэрозолей в хранилищах БСХ в 100 раз превышают фоновые значения.
- Сооружение № 5 – бывшее хранилище ОЯТ. В сооружении хранятся оборудование, строительные конструкции, бетонные перекрытия, загрязненные радионуклидами. Объем ТРО составляет 1000 м³, общая активность 1,4·10¹⁴ Бк;
- Сооружение 67А – хранилище ТРО. Отходы хранятся во временных упаковках и мешках. Объем 1030 м³ с активностью 7,6·10¹² Бк;
- Площадки для хранения ТРО общим объемом 1802 м³, активность 2,5·10¹⁴ Бк;
- Сооружение 67, в котором хранятся контейнеры с ТРО. Активность 0,6·10¹¹ Бк;
- Сооружение 7 и 7А – помещения для хранения ТРО, соответственно, объемом 1106 и 1140 м³, активностью 1,0·10¹³ Бк (сооружение 7) и 3,9·10¹³ Бк (7А).

Основными источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды, вызывающими опасения в поселке Гремиха [СевРАО 2004, Минатом 2004, Росатом 2005] являются:

- Хранилище ОТВС площадью 1128 м²;
- Хранилище ОВЧ (1Б) площадью 694 м²;
- 11 хранилищ ЖРО общей площадью 989,8 м²;
- Хранилище ТРО площадью 2100 м²;
- Временная площадка хранения ТРО, площадью 300 м²;
- ПЕК-50 для хранения ЖРО, площадью 50 м²;
- Насосная станция приема и выдачи ЖРО.

Хранящиеся на БТБ в Гремихе ТРО, суммарным объемом около 550 м³ (данные по суммарной активности отсутствуют), содержатся в сооружениях, не соответствующих нормам и правилам, и являются источником радиационной опасности. Мощность дозы гамма-излучения у входа на площадку составляет 500 – 3000 мкЗв/ч, при максимальной мощности дозы гамма-излучения у восточной стены 25000 мкЗв/ч.

Хранящиеся на БТБ ЖРО, суммарным объемом около 2020 м³ и суммарной активностью около 23,6·10¹⁰ Бк содержатся в хранилищах, не соответствующих действующим нормам и правилам; имеют сложный физико-химический состав, затрудняющий их переработку и являются источником радиационной опасности в системе неконтролируемой миграции радионуклидов.

Главные выводы по оценке имеющихся опасностей в районах БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха с точки зрения регулирующих функций ФМБА

1. Учитывая цели проекта 2*, имеющихся на сегодняшний день знаний о радиационной обстановке за пределами БТБ, т.е. в ЗН объектов, явно недостаточно. Поэтому ниже сформулированы основные выводы, сделанные на основании анализа имеющихся данных:
2. В основном работы по радиационно-гигиеническому контролю окружающей среды в районе БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха проводились на территории промышленной площадки и СЗЗ. Если радиационная обстановка на промышленной площадке ясна, то обстановка в зоне наблюдения требует дополнительного обследования, особенно на суше.
 - Материалы по ЗН крайне малы или вообще отсутствуют;
 - Не ясны размеры ЗН в районе БТБ пос. Гремиха. Отсутствует четкая граница ЗН в районе БТБ Губы Андреева.
 - Нет четкости в расположении точек контроля в ЗН обеих БТБ.
 - Не ясно, где расположены фоновые точки сравнения и вообще существует ли они.
 - Отсутствуют почвенные характеристики, что затрудняет провести расчет плотности загрязнения почвы ($\text{Бк}/\text{м}^2$), что важнее с точки зрения радиационной гигиены, чем оценка удельной активности ($\text{Бк}/\text{кг}$); не указан тип растений (мох, лишайник, трава и т.п.).
 - Отсутствуют данные по содержанию радионуклидов в местных пищевых продуктах (оленине, рыбе морской и пресноводной, грибах и ягодах). Эти данные особенно важны в связи с особенностями поведения ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{210}Po , для которых в районах Крайнего Севера, особенно в Мурманской области, характерны высокие уровни миграции в цепи почва-лишайник-оленина – человек, почва – растительные пищевые продукты – человек [Троицкая М.Н. с соавт., 1971; Моисеев А.А. с соавт., 1975;]. Первичное загрязнение лишайника идет, главным образом, из воздуха. Однако, при вторичном загрязнении не может быть исключена и роль загрязненной почвы. Изучение этого вопроса в условиях влияния БТБ представляет интерес, так эти материалы на сегодняшний день практически отсутствуют.
 - Не указываются используемые методы анализа, чувствительность метода и масса пробы, взятая для анализа. Отсутствие этих сведений в некоторых случаях вызывает сомнение в правильности полученных данных. Это видно на примере результатов содержания радионуклидов в воде (одинаковые уровни для морской и пресной воды быть не могут), или одинаковые значения средней и максимальной активности радионуклидов в воде или в пробах лесных ягод и др.

* Основанная цель проекта 2 – разработка норм и стандартов по реабилитации радиоактивно загрязненных территорий.

3. Отсутствует картина радиационного состояния объектов окружающей среды за пределами БТБ в динамике, т.к. изучение радиационной обстановки БТБ началось практически в конце 90-х годов.
4. Дополнительные исследования радиационно-гигиенической обстановки необходимо провести в зоне наблюдения по всему периметру, а не только в береговой зоне, особенно в районе БТБ поселка Гремиха и г. Островного.

В соответствии с изложенными выше четырьмя обстоятельствами, необходимо усовершенствование системы надзора ФМБА по контролю и мониторингу радиационной обстановки на территориях БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха.

2.2.4 Рекомендации по усовершенствованию регулирующего надзора ФМБА на территориях БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха с учетом имеющихся угроз

Ниже излагаются рекомендации по дальнейшему ведению исследований для целей разработки критериев и нормативов реабилитации в рамках усовершенствования регулирующего надзора ФМБА на территориях БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха.

Нормативная деятельность

В соответствии с концепцией экологической реабилитации береговых технических баз Северного региона России [Росатом, 2004 а] дальнейшая эксплуатация БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха по приему ОЯТ и РАО от действующих кораблей ВМФ не предусматривается. Реабилитация зданий, сооружений и территорий БТБ должна производиться до уровня, исключающего потенциальную опасность радиоактивного загрязнения акватории и воздушной среды. Роль ФМБА заключается в контроле и надзоре за выполнением этапов реабилитации. Экологическая реабилитация БТБ должна производиться в два этапа:

- на первом этапе должны быть произведены комплексные инженерно-радиационные обследования. Должно производиться восстановление (создание) той части инфраструктуры БТБ, которая необходима для обеспечения ядерной, радиационной и экологической безопасности окружающей среды и персонала при подготовке и проведении реабилитационных работ, а также проводятся работы по изоляции существующих хранилищ ОЯТ и РАО от контакта с грунтовыми водами и атмосферными осадками. Должна быть произведена разработка проектов, включающих технико – экономические обоснования реабилитации БТБ в целом и отдельных элементов инфраструктуры;
- на втором этапе должна производиться реализация проектов реабилитации БТБ с учетом результатов технико-экономических обоснований.

Главная задача состоит в разработке гигиенических нормативов по обоснованию обеспечения радиационной безопасности при выполнении работ по реабилитации БТБ. Необходимость этого обусловлена отсутствием нормативов допустимых

остаточных уровней радиоактивного загрязнения при практически постоянном обслуживании персоналом БТБ.

Таким образом, необходимо разработать радиационно-гигиенические правила и ограничения, при соблюдении которых при проведении реабилитации и обращении с радиоактивными отходами будут обеспечены:

- радиационная безопасность персонала БТБ и проживающего в районе БТБ населения,
- предотвращение радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды,
- необходимый объем и виды контроля и мониторинга за радиационно-гигиенической/экологической обстановкой.

Следует отметить, что в настоящее время не определены и не разработаны нормативные величины (уровни) экологической безопасности объектов и в целом окружающей среды. Системообразующим звеном общей радиоэкологической безопасности является человек.

При этом, в соответствии с постулатом МКРЗ, если обеспечивается необходимый уровень защиты всех людей, этого достаточно для защиты всей биоты в целом.

Реабилитация зданий, сооружений и территорий БТБ может выполняться по следующим вариантам:

- реновация – нормализация радиационной обстановки на объекте при условии дальнейшей его эксплуатации
- консервация – хранение под наблюдением;
- ликвидация – удаление с территории объекта всех РАО.

По каждому из этих предполагаемых вариантов должны быть разработаны свои радиационно-гигиенические нормативы по среднегодовой допустимой плотности потока гамма-квантов, поверхностному бета – загрязнению наружных поверхностей сооружений БТБ, удельной активности радионуклидов в почве, среднегодовой объемной активности грунтовых вод, среднегодовой объемной активности воздуха.

В основе всей нормативной деятельности по реабилитации лежит необходимость установление дозовых квот в целях предотвращения необоснованного облучения населения в районах БТБ, а также справочных уровней в величинах радиационных параметров, которые могут быть измерены при проведении радиационного контроля и мониторинга.

Мониторинг и контроль

Мониторинг радиационной обстановки обязательно должен включать гамма-спектрометрические измерения как непосредственно в местах хранения (выдержки) загрязненного оборудования, на рабочих местах персонала, в местах повышенного локального загрязнения территории, так и измерения проб внешней среды и пищевых продуктов местного производства.

На основании данных, приведенных выше, показано, что максимальные значения радиоактивных загрязнений ^{137}Cs и ^{90}Sr на БТБ в Губе Андреева наблюдаются в следующих точках:

- вода в ручье,
- грунт у дороги на склоне БСХ,
- донные отложения в заливе
- донные отложения в устье ручья.

При планировании в дальнейшем отбора проб целесообразно придерживаться указанных выше мест отбора, по которым ведутся наблюдения в течение ряда лет. Необходимо определение в пробах содержания радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co и ^{40}K .

Анализ данных работы [NRPA, 2004] подтверждает правильность выбора точек дальнейшего наблюдения. Исследования должны предусматривать поиск и других мест локальных радиоактивных загрязнений. Но для анализа динамики поведения радионуклидов полезно продолжать наблюдения в уже зафиксированных точках. Спектры гамма-излучения, измеренные прямым методом с открытым сцинтилляционным детектором, представленные в работе [NRPA, 2004], к сожалению мало информативны (см. рис. 3). Это связано с низким разрешением спектрометра.

Подобные измерения целесообразно провести с помощью полупроводникового спектрометра. Из представленных спектров видно, что пик, характерный для энергии фотонов ^{137}Cs (662 кэВ), находится на фоне комптоновского рассеяния фотонов других радионуклидов, по-видимому, ^{60}Co и ^{40}K . Проанализировать энергетический спектр ниже 500 кэВ практически невозможно. Обнаружение радионуклида ^{241}Am , характерная энергия фотонов которого $E_\gamma = 59,6$ кэВ, с помощью данного спектрометра невозможно.

Измерения радионуклида ^{241}Am , по которому можно ориентироваться при отборе проб на загрязненность плутонием, по-видимому, необходимо провести дополнительно к указанным выше радионуклидам. Наблюдение за содержанием плутония и америция во внешней среде позволят более полно оценить радиационную обстановку и в дальнейшем способствовать разработке более уверенных рекомендаций по реабилитации.

Для оценки радиационного риска, обусловленного существованием и производственной деятельностью БТБ, необходимо располагать данными не только по радиационной обстановке на рабочих местах и в зонах контроля (мощности доз фотонного излучения, плотности потоков частиц, концентрации и дисперсности радиоактивных аэрозолей, уровнях поверхностного загрязнения), но и об индивидуальных дозах облучения контролируемых групп населения и о значениях доз на местности, непосредственно прилегающей к территориям БТБ. Данные по индивидуальным дозам и мощностям дозы, определённые за заданный интервал времени, позволяют с учётом характера жизнедеятельности сделать оценки годовых эквивалентных, эффективных и коллективных доз.

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы [ЦГСЭН–120, 2003, 2004] содержат данные по мощностям доз фотонного излучения на различных производственных участках БТБ. Аналогичные данные за пределами БТБ весьма ограничены,

приведены лишь обобщённые средние значения мощностей доз, что не позволяет объективно оценить радиационную обстановку на прилегающей территории. На основании этих данных определяется доза облучения населения. Инструментальные данные по индивидуальным дозам у населения отсутствуют. В работе [НИКИЭТ, 2004 б] приводится только расчётная оценка вклада в индивидуальную дозу населения за счёт производственной деятельности БТБ, которая составляет ≈ 1 мкЗв/год.

Для оценки доз внешнего облучения следует использовать высоко чувствительные индивидуальные ТЛД с нижним пределом измерения $\leq 10^{-5}$ Зв. Дозиметры должны быть выданы контролируемым группам населения (5 групп по $10 \div 20$ человек), которые будут постоянно носиться в течение $2 \div 3$ -х месяцев. В местах наиболее вероятного посещения с учётом предварительных измерений мощностей доз должны быть установлены аналогичные дозиметры, с помощью которых будут измерены дозы на местности за указанный интервал времени ($30 \div 40$ точек). Полученные данные будут использованы для построения изодозных полей внешнего излучения на местности и оценки риска в соответствии с существующими моделями расчётов.

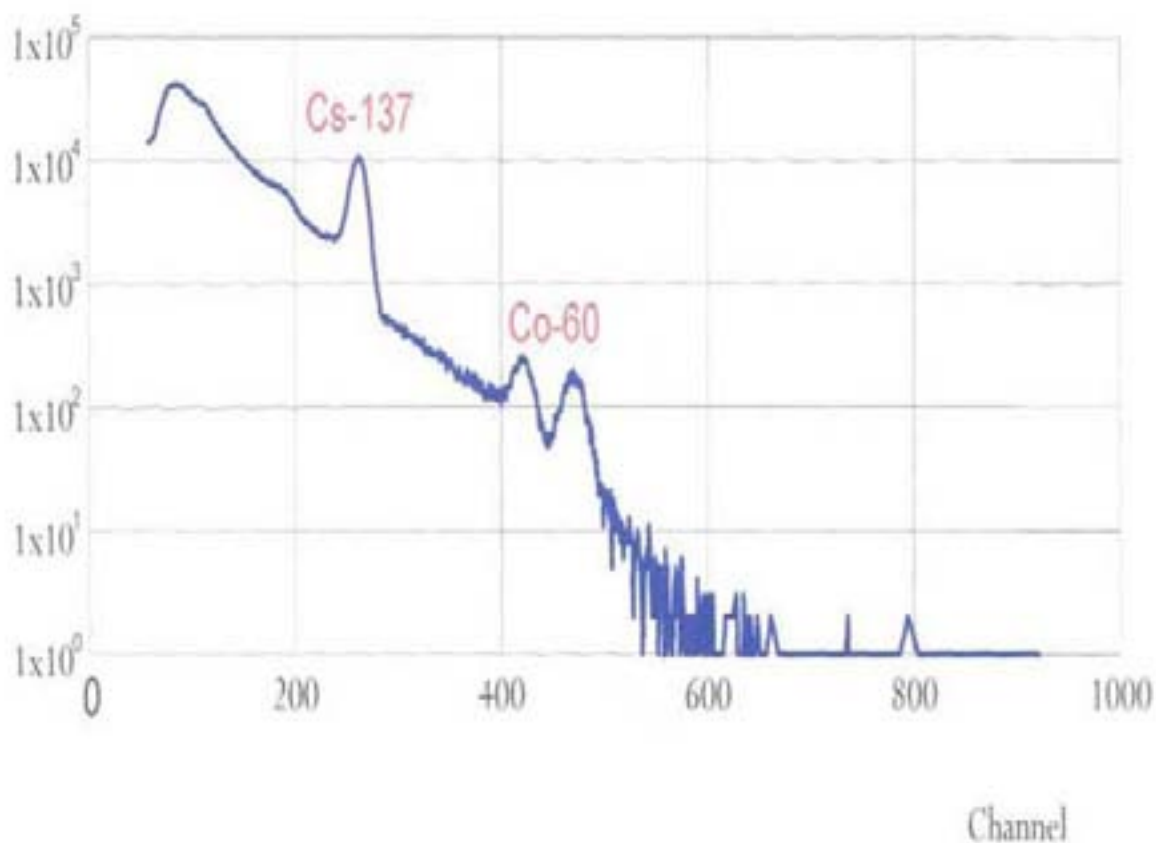


Рисунок 3. Спектр гамма-излучения на местности БТБ

Для оценки доз внутреннего облучения необходимо:

- Изучить структуру питания населения (т.е. рацион, потребление основных пищевых продуктов, кг/год), используя данные обследования бюджетов семей, проводимых Госкомстатом России в районах Крайнего Севера, а именно по Мурманской области;
- Исследовать радиоактивность (содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr , возможно и других техногенных радионуклидов, включая ^{60}Co) в 7-ми группах пищевых продуктов, потребляемых населением, проживающим в ЗН двух БТБ – молоко и молочные продукты, мясо и его продукты, хлеб, рыба, овощи, картофель, дикорастущие грибы и ягоды. Будет учтен вклад местных пищевых продуктов в дозу внутреннего облучения человека.
- На основании рассчитанных доз внутреннего облучения, выделить «критическую группу» по внутреннему облучению и «критические» пищевые продукты, т.е. дающие наибольший вклад в эффективную дозу внутреннего облучения.

Миграция радионуклидов

Радиационная обстановка на территории за пределами промплощадок БТБ в губе Андреева и в поселке Гремиха определяется величиной активности и состоянием изолирующей надежности источников загрязнения, а также путями и закономерностями миграции радиоактивных веществ с воздушными переносами и смывами атмосферными осадками. Последние распространяются в виде поверхностного стока в соответствии с рельефом местности и инфильтрации их по глубине почвенного покрова к грунтовым водам. На промплощадке БТБ имеются сильно загрязненные участки территории, на которых мощности дозы достигает 1-10 мЗв/ч, а активность в почве достигает 10^4 - 10^7 Бк/кг, что значительно превышает фон данного региона. Таким образом, БТБ являются источниками радиационной и радиоэкологической опасности.

Действительно, имеются материалы исследований, подтверждающие миграцию радионуклидов от очагов загрязнения. Так, практически вся территория береговой линии вокруг БТБ губы загрязнена ^{137}Cs в концентрациях в десятки раз, превышающих фоновый уровень (~ 10 Бк/кг) этого района. Отмечено также присутствие выше фоновых значений ^{137}Cs в донных отложениях, отобранных в 20-30 м от уреза воды. В некоторых пробах восточного побережья зафиксирован ^{60}Co . В некоторых точках отмечено присутствие ^{90}Sr в концентрации главным образом ~ 60 Бк/кг. В морской воде на глубине 10-20 м обнаружен только ^{137}Cs со средней концентрацией 6 ± 2 Бк/м³ [Курчатовский институт, 1997; Мастер-план, 2004].

Согласно приведенным данным во внешнюю среду поступают ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co . Однако необходимо отметить, что при длительной выдержке ОЯТ могут создаваться условия, приводящие к частичной разгерметизации как ОТВС, так и защитных барьеров хранилищ, и возможному поступлению радиоактивных элементов ядерного топлива за пределы БТБ. При этом потенциальную опасность для объектов окружающей среды представляет плутоний. Хотя плутоний мигрирует несопоставимо медленнее по сравнению с другими радионуклидами, например ^{14}C и, особенно, ^3H . Но сам факт возможности поступления в окружающую среду

трансурановых элементов в определенной степени должен приниматься во внимание при изучении долгосрочных процессов миграции.

Распространение радионуклидов за пределами БТБ зависит от техногенных и природных условий, а также от физических состояний радиоактивных веществ в источниках загрязнения.

Вопросам изучения поведения радионуклидов в различных водных системах, в том числе Северных морей уделяется достаточное внимание, благодаря чему установлены общие закономерности распределения их в толще морской воды и донных отложений.

Физико-химическое поведение радионуклидов и их распространение с водой зависит от ряда факторов, основными из которых являются химический состав среды миграции, наличие и состояние в ней природных изотопов и химических аналогов загрязняющих радиоактивных компонентов, присутствие природных и техногенных органических веществ, особенно комплексонов.

На поведение поливалентных элементов (кобальт, плутоний и др.) оказывают влияние также и Eh и pH системы миграции и возможные процессы трансформации их форм во времени. Кроме того, дальность распространения с водным потоком радиоактивных веществ определяется сорбционной способностью взвесей, почв, грунтов и илистых донных отложений.

Миграция радионуклидов в значительной степени зависит от гидрогеологических и гидрологических условий района. При этом гидрологические параметры целесообразно сопоставлять со скоростью миграции трития, практически несорбируемого радионуклида [Громов В.В. с соавт., 1985; Трансурановые элементы, 1985; Коноплев А.В., 2000; Соколик Г.А. с соавт., 2003; Степанец О.В. с соавт., 2003; АМАР, 2002].

Прогноз миграции радионуклидов является основной частью оценки безопасности загрязненных территорий и должен проводиться с учетом конкретных техногенных и природных условий изучаемого участка региона, что позволит использовать полученные материалы при разработке реабилитационных мероприятий и соответствующей нормативной документации.

Оценка доз облучения населения

Население, проживающее в зоне наблюдения радиационных предприятий, подвергается радиационному воздействию:

- космического излучения;
- излучения природных радионуклидов, содержащихся в почве, воздухе, строительных материалах, пищевых продуктах и питьевой воде;
- излучения глобальных радионуклидов, поступивших в окружающую среду при испытаниях ядерного оружия;
- излучения техногенных радионуклидов, поступающих в окружающую среду при нормальной эксплуатации предприятий;
- излучения от техногенных радионуклидов, поступивших в окружающую среду в результате радиационных аварий,
- облучению при проведении медицинских обследований.

Для расчета доз эффективных доз облучения населения, проживающего в ЗН БТБ, за счет всех источников излучения с выделением роли техногенного облучения необходимо использовать ряд исходных параметров, изложенных в таблице 9.

В соответствии с требованиями действующих в России НРБ-99 для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться тремя основными принципами: нормирования, обоснования, оптимизации.

В соответствии с принципом оптимизации осуществляются меры по снижению доз облучения от всех источников облучения населения. Оптимизация (совершенствование защиты) должна осуществляться при уровнях облучения в диапазоне от соответствующих пределов доз до достижения пренебрежимо уровня риска. Согласно отечественному нормативному законодательству, требования НРБ-99 не распространяются на источники излучения, создающие при любых условиях обращения с ними индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10 мкЗв.

Принципами обоснования и оптимизации защитных действий необходимо руководствоваться и на территориях с остаточными радиоактивными веществами, являющимися результатом прекращения регулируемой практической деятельности и снятия с эксплуатации регулируемых объектов или результатом иной деятельности человека и вызываемых им событий в прошлом, включая аварии (ситуация, характерная для рассматриваемых территорий).

Практическая проверка конкретной защитного мероприятия на соответствие принципу обоснования осуществляется путем сравнения пользы и вреда:

$$X - (Y_1 + Y_2) > 0$$

где X - польза от применения защитного мероприятия;

Y₁- затраты на проведение защитного мероприятия;

Y₂- вред, наносимый здоровью людей и окружающей среде с отсутствием каких-либо защитных мероприятий.

Таблица 9. Исходные параметры для оценки доз

Вид облучения	Путь облучения	Исходный параметр	Значимые радионуклиды
Космическое излучение [НКДАР ООН, 2000]	непосредственно ионизирующее излучение	высота над уровнем	
	косвенно ионизирующее (нейтронное) излучение	высота над уровнем	
	космогенные радионуклиды (^{14}C и др.)	принимается равной 0,012 мЗв/год.	
Радионуклиды глобального происхождения [Методические указания, 1999; НКДАР ООН, 2000]	внешнее облучение	плотность загрязнения (распределение по профилю)	^{137}Cs
	внутреннее облучение	удельная активность в пищевых продуктах местного производства, грибах, оленине	^{137}Cs , ^{90}Sr
Техногенные радионуклиды [Методические указания, 1999, 2003; НКДАР ООН, 2000]	Внешнее облучение от радионуклидов, содержащихся в воздухе	Объемная концентрация радионуклидов в приземном слое воздуха	^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{144}Ce
	Внешнее облучение от выпадений	Плотность загрязнения территории (распределение по профилю почвы)	^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{144}Ce
	Внутреннее облучение от ингаляционного поступления	Объемная концентрация радионуклидов в приземном слое воздуха	$^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{144}Ce , ^{244}Cm , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{134}Cs
	Внутреннее облучение от перорального поступления	Удельная активность в пищевых продуктах местного производства, грибах, оленине, рыбе, дикорастущих ягодах, питьевой воде	^{60}Co , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr
Природные радионуклиды [Методические указания, 1999, 2003; Методика, 2001; НКДАР ООН, 2000]	внешнее облучение от содержащихся в почве радионуклидов	удельная активность в почве, мощность дозы на открытой местности	^{40}K , ряд ^{238}U , ряд ^{232}Th
	внешнее облучение от радионуклидов, содержащихся в строительных материалах	мощность дозы в помещениях, удельная активность радионуклидов в стройматериалах	^{40}K , ряд ^{238}U , ряд ^{232}Th
	внутреннее облучение от ингаляционного	удельная активность радионуклидов в верхнем	ряд ^{238}U , ряд ^{232}Th

	поступления с пылью	слое почвы	
	внутреннее облучение от ингаляционного поступления дочерними продуктами изотопов радона	среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность изотопов радона в воздухе помещений	Дочерние продукты распада ^{222}Rn
	внутреннее облучение от перорального поступления с пищевыми продуктами	удельная активность в пищевых продуктах местного производства, грибах, оленине, рыбе, питьевой воде	^{234}U , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po
Медицинское облучение [Методические указания, 1999]	Внешнее	вид обследования, тип облучательской установки	
	внутреннее	вид обследования, активность вводимого радионуклида	

При наличии альтернативных способов достижения пользы (X) выбирается такое защитное мероприятие, при котором эта разница является максимальной (соблюдение принципа оптимизации).

Проведение оптимизационных исследований будет проводиться с учетом международных и отечественных рекомендаций [Методические рекомендации, 2001; СЕС, 1991; ICRP, 1989, 1983; IAEA, 1990, 2002; Lochard, J., 1996; Lefaire, C., 1998].

При проведении оптимизации рассматриваются следующие основные факторы:

- радиологические (предотвращаемые индивидуальные и коллективные дозы, последствия для окружающей среды);
- экономические (стоимость проведения защитного мероприятия).

При необходимости, могут рассматриваться другие, дополнительные факторы – ожидаемое уменьшение беспокойства, вызванного данной ситуацией; повышение уверенности, которое обеспечит защитное мероприятие, и социальные издержки, ущерб и нарушения, которые могут быть вызваны применением защитных действий.

2.3 Аспекты аварийной готовности и реагирования

2.3.1 Общая характеристика

В общей проблеме утилизации атомных подводных лодок (АПЛ) выделены наиболее приоритетные направления (объекты, технологии) с позиций анализа рисков, к которым относятся работы по обращению с ОЯТ (ОТВС) и радиоактивными отходами на территории Береговых Технических Баз (БТБ) – ныне промплощадках ФГУП «СевРАО» в губе Андреева и пос. Гремиха [Мастерплан, 2004]. Специфика объектов по сравнению с нормальными условиями обращения с ОЯТ и РАО в контролируемых условиях заключается в следующем:

- имеются неопределенности в оценке баланса радиоактивных материалов, находящихся на промплощадках БТБ. Согласно имеющейся информации [Мастер-план, 2004] на промплощадке в губе Андреева находится 17,600 м³ твердых радиоактивных отходов общей активностью 660ТБк и примерно 3,040 м³ жидких радиоактивных отходов общей активностью 4.5 ТБк. Существенно более неопределённые оценки относятся к БТБ пос. Гремиха – около 37 ТБк твердых радиоактивных отходов;
- отсутствуют технологические решения, надлежащим образом оформленные в проектной и сметной документации, которые обосновывают и определяют весь цикл работ на объекте;
- неудовлетворительные условия хранения ОТВС во временных хранилищах сухого типа (БСХ 2Б, 3А), абнормальная радиационная обстановка в здании 5, характеризующаяся значительными градиентами дозовых полей и повышенная миграция радионуклидов с поверхностными и подземными водами за пределы промплощадки. Мощность дозы на территории площадки достигает 1-10 мЗв/час.

В настоящем разделе дан предварительный анализ угроз и рисков, возникающих в случае радиационных аварий, некоторое внимание уделяется общему обсуждению применимости международной системы радиологической защиты к специфическим условиям СевРАО [Мастер-план, 2004].

2.3.2 Перечень проблемных тем

Нормальная эксплуатация техногенных источников

Рекомендации МКРЗ, стандарты МАГАТЭ предлагают рассматривать обращение с радиоактивными отходами, как составную часть жизненного цикла ядерной деятельности [ICRP 1992, ICRP 1998, IAEA 1996, IAEA 2005a, IAEA 2005b, IAEA 2005c]. В российских правовых и регулирующих документах в основном применяется аналогичные подходы.

Однако специфические условия в губе Андреева и БТБ пос. Гремиха позволяют отметить, по крайней мере, два возражения против классической общей постановки обеспечения радиационной безопасности исключительно в рамках нормальной эксплуатации:

- условия и технологии обращения с ОЯТ и РАО в период интенсивного создания и эксплуатации АПЛ не отвечали современным требованиям нормальной эксплуатации, о чем свидетельствует состояние объектов СевРАО;
- деление на практическую деятельность и вмешательство было введено лишь в 1990г. в Рекомендациях МКРЗ [ICRP 1992] и закреплено в Международных основных нормах безопасности [IAEA 1996] в 1996г., а в отечественных НРБ-99 [НРБ-99, 1999]. С большой долей уверенности можно предположить, что разрабатываемые новые Рекомендации МКРЗ будут приняты в ближайшее время и, следовательно, деление всех ситуаций облучения населения на практическую деятельность и

вмешательство будет заменено на следующие основные ситуации облучения: практическую деятельность, существующее облучение и аварийное облучение. Учитывая достаточно длительный характер работ на объектах СевРАО, целесообразно отразить современные тенденции развития международной системы радиологической защиты в регулирующих требованиях.

Планируемая деятельность на объектах СевРАО в губе Андреева включает:

- собственно обращение с жидкими и твердыми РАО, которые логично рассматривать как практическую деятельность;
- обращение с ОЯТ, в том числе в неудовлетворительном физико-химическом состоянии в абнормальных радиационных условиях, которое следует рассматривать, как практическую деятельность в осложненной радиационной обстановке с повышенными требованиями к безопасности персонала;
- реабилитацию промплощадки и, возможно, прилегающей территории в рамках концепции хронического существующего облучения,
- готовность к действиям в аварийных условиях, которая должна быть организована, в зависимости от характера и масштаба событий, как для случая радиационной аварии, так и для расследования и исправительных действий при возникновении нештатных ситуаций.

В регулирующем документе, разрабатываемом в рамках проекта 1, предполагается дать ясные трактовки ситуаций в период проведения работ, при реабилитации загрязненных территорий и возникающих при нештатных режимах работы и тех ситуациях, которые могут возникнуть в результате возможных радиационных аварий.

Реальное и потенциальное облучение

В НРБ-99 введено понятие потенциального облучения, «как облучения, которое может возникнуть в результате радиационной аварии». Однако количественных критериев для характеристики потенциального облучения российскими регулирующими документами не установлено. При работе в абнормальной ситуации не исключается облучения персонала выше установленных норм или контрольных уровней. Хотя такие фактические облучения не подпадают под понятие «радиационная авария» (поскольку контроль над источником не утрачен), такое облучение требует специального расследования, близкого к аварийному реагированию.

Уточнение границы между абнормальной и аварийной ситуацией следует предусмотреть в регулирующем документе. По этой проблеме предполагается взаимодействие между первым и третьим проектами.

Классификация радиационных аварий

Международная шкала ядерных событий INES [IAEA, 2001] является согласованной на международном и национальном уровнях основой для информирования

общественности и заинтересованных сторон о радиационной аварии. Однако определенная адаптация этой шкалы применительно к условиям СевРАО требуется по следующим аспектам:

- *уточнить требования к оценке опасности радионуклидов для уровней 5-7 шкалы INES: расчет радиологической эквивалентности при воздействии за пределами площадки проводится, исходя из ожидаемых доз от ингаляционного поступления и внешнего облучения от облака и выпадений (за 50 лет). Вероятность возникновения таких аварий невелика. При уровнях 3 и 4 для расчета радиологической эквивалентности требуется учет всех путей облучения, включая пищевой, который имеет свою (недостаточно изученную) специфику в условиях Заполярья. Особые трудности могут возникнуть при оценке радиологической эквивалентности в случае выходящих ситуаций, обусловленных неконтролируемым выходом радиоактивности за пределы промплощадки с грунтовыми и поверхностными водами.*
- *определить более детально критерии для представления официальной информации об аварии в INES МАГАТЭ и кризисные центры других соседних стран. В настоящее время подлежат сообщению события, классифицированные уровнем 2 и выше, а также события, привлекающие международный интерес. Последний критерий не имеет количественного описания и требует согласования российской и норвежской сторон.*

Поскольку INES МАГАТЭ используется как информационное средство и напрямую не предназначен для аварийного реагирования, то очень важно иметь рабочую систему экстренной оценки радиологических последствий, которую можно использовать для создания адекватной аварийной готовности и реагирования на объектах СЕВРАО.

2.3.3 Риски медицинских последствий

Имеется ряд работ, в которых дана оценка рисков аварийных ситуаций. В значительной степени эти оценки дублируются и концентрируются вокруг технических аспектов и оканчиваются оценкой ожидаемых доз облучения или индивидуальной годовой потери жизни и индивидуального годового риска смерти [Мастер-план, 2004; Отчет «Анализ рисков ..», 2004].

Рассмотрение имеющихся рисков, планирование соответствующих мер по их минимизации позволяет выделить ряд задач, являющимися, по сути, медицинскими проблемами.

Риски возникновения детерминированных эффектов облучения

Виды и исходы эффектов облучения персонала в клинически-значимом диапазоне доз зависят от факторов аварии (вид, интенсивность, длительность воздействия) и эффективности аварийного реагирования (аварийный контроль индивидуальных доз персонала, параметров радиационной обстановки; состояния системы медицинского реагирования).

В этом контексте следует оценить возможности различных функциональных систем аварийного реагирования, снижающих риски возникновения детерминированных эффектов у персонала вовлеченного в аварию.

Основные составляющие аварийного реагирования представлены следующими комплексами мероприятий, имеющими в т.ч. и медицинскую направленность:

- информационные (оперативное оповещение лиц оказавшихся в зоне аварийного облучения; доведение информации о возможных средствах спасения и возможностях определения степени опасности);
- эвакуационные (организация эвакуации персонала из зон аварии со сверхнормативным облучением; организация эвакуации пораженных лиц и тел погибших с учетом реальной радиационной обстановки);
- защитные (использование ближайших противорадиационных укрытий, использование СИЗ);
- санитарно-гигиенические (переодевание, дезактивация загрязненной одежды, санитарная обработка загрязненных поверхностей кожи, слизистых, волос)
- лечебно-профилактические (самостоятельный прием фармакологических средств, назначение профилактического лечения медработниками, раннего этиотропное или патогенетическое лечение острых лучевых поражений).

Если радиационная авария происходит в результате нарушения технологии и условий эксплуатации, то в этом случае прогнозируется небольшой риск развития тяжелых детерминированных эффектов для группы вовлеченных лиц, и все вышеперечисленные мероприятия несут групповой характер. При этом мероприятия медицинского реагирования носят, в основном, профилактический характер.

Если радиационная авария происходит в результате несанкционированного (случайного или умышленного) контакта человека с факторами или условиями, приводящими к сверхнормативному облучению без явных нарушений в работе оборудования или систем безопасности, то прогнозируются единичные случаи сверхнормативного облучения с высоким риском развития тяжелых детерминированных эффектов. Действия по аварийному реагированию реализуются после выявления факта переоблучения или радиационного поражения отдельных лиц. При этом экстренная медицинская помощь выполняется по индивидуальным показаниям.

Особенностями условий эксплуатации для СевРАО является именно возможность сокрытого факта облучения индивидуума с высоким риском развития детерминированных эффектов и много меньшая вероятность воздействия облучения в клинически значимом диапазоне доз на группы персонала с минимальным риском развития радиационных поражений. Не прогнозируются опасные для жизни детерминированные эффекты среди населения.

Дополнительным риском развития радиационных поражений при сценарии несанкционированного доступа лица или нарушений правил техники безопасности

является настроенность к сокрытию факта сверхнормативного облучения самим инициатором аварии, а так же задержка во времени, связанная с моделированием условий аварийного облучения для индивидуума, вплоть до времени начала клинических проявлений радиационного воздействия или подтверждения факта облучения методами биологической дозиметрии. В данной ситуации важные составляющие аварийного реагирования, такие как информационные, эвакуационные и защитные мероприятия могут существенно терять свою эффективность. При этом существенно растет роль собственно медицинского, аварийного реагирования и внедрения современных технологий лечения пациентов.

При вышеуказанных сценариях существенную помощь МСЧ и ЦГСЭН могут оказать специалисты ФМБА и привлеченные эксперты.

Риски возникновения отдаленных последствий

Изучение рисков отдаленных последствий облучения и возможность их снижения путем лечебно-профилактических и других медицинских мероприятий в рамках настоящего проекта рассматриваться не будет. Выполнение мероприятий аварийного реагирования предполагает существенное снижение рисков отдаленных последствий облучения, за счет недопущения сверхнормативного облучения.

Риски травматических повреждений

Для любого технологического процесса включающего транспортировку и переработку продуктов всегда существует риск травматических повреждений, отравлений и ожогов. Снижение рисков в данном направлении возможно путём улучшения условий труда, обеспечения техники безопасности, применения современных технологий. Совершенствование системы реагирования при радиационных авариях за счёт внедрения современных протоколов оказания первичной медицинской помощи, приближения её к месту возможного травматизма; сортировки, санитарной обработки; эвакуации; иммобилизации и транспортировки пораженных приведет и к снижению рисков травматических повреждений.

Риски развития нежелательных осложнений и фатальных исходов травматических повреждений минимизируются при развитой системе оказания экстренной медицинской помощи.

Увеличение рисков, связанное с недостатками неотложной медицинской помощи

Парадоксально, но ухудшение или улучшение качества и доступности медицинской помощи как таковой существенно могут не влиять на риски для персонала СевРАО из-за их малочисленности и существующей приоритетности оказания неотложной медицинской помощи работающим. ФМБА России осуществляет поддержание специализированной системы медицинской помощи при радиационных поражениях, что является основой гарантий оказания соответствующей медицинской помощи персоналу в случае радиационных аварий. Предполагается,

что обеспечение догоспитального звена при оказании первичной медицинской помощи и при обычном травматизме среди персонала СевРАО выполняется в полном объеме.

Догоспитальный этап оказания медицинской помощи до последнего времени основывался на практике использования для комплектации бригад скорой помощи врачебного персонала и приоритетном финансировании. В последний год органы власти территориальных образований получили возможность создавать собственные службы скорой и медицинской помощи, так что в ближайшее время возможны изменения в организации и структуре службы скорой и неотложной медицинской помощи, что потребует изучения в рамках настоящего проекта.

Так же в последние годы появились проблемы в обеспечении здравпунктов предприятий в соответствии с современными технологиями оказания неотложной помощи, а также проблемы при проведении высокотехнологичного специализированного лечения, особенно в нейрохирургии, токсикологии и комбустиологии. Как правило, современные медицинские технологии по данным направлениям доступны лишь на базе крупных научных центров и областных больниц.

Снижение рисков при осуществлении неотложной медицинской помощи

Формирования и службы скорой и неотложной медицинской помощи, привлекаемые в случае аварийных ситуаций к ликвидации медико-санитарных последствий, являются основой первичного звена специализированной службы экстренной медицинской помощи (ССЭМП) ФМБА России и предназначены осуществлять мероприятия по обеспечению защиты здоровья людей, оказывать медицинскую помощь персоналу и вовлеченным в аварию контингентам населения.

Успех медицинских мероприятий может оцениваться по значению «предотвращенного риска» сходному с принципами назначения стабильного йода по критерию «предотвращенная доза» и в определённой степени зависит от профессиональной готовности формирований и учреждений ССЭМП для выполнения медицинского обеспечения пострадавших и вовлеченных лиц в сложных, опасных, часто плохо предсказуемых условиях радиационной аварии.

Задачи поддержания готовности формирований и учреждений ССЭМП, планирования медицинского и материально-технического обеспечения, поддержания надлежащего уровня обучения руководителей и членов формирований и оперативного управления в процессе работ при ЛПА формируют определенные системные проблемы по определению приоритетов и направлений развития системы (ССЭМП) в наибольшей степени снижающих риски для персонала предприятий и населения. Ниже приведен перечень основных факторов, от которых зависит устойчивость функционирования системы и в конечном итоге эффективность по снижению (предотвращению) вероятных последствий (рисков) для здоровья персонала и населения:

- наличие полного комплекта не противоречащих друг другу нормативных, методических, технологических и инструктивных документов, соответствие их действующим правовым и законодательным актам;

-
- укомплектованность личного состава (персонала) ССЭМП специалистами надлежащего профиля. Функционирование сложившейся системы традиционных форм обучения медицинского персонала, включая проверку готовности по результатам специальных экзаменов;
 - подготовленность системы ведомственных требований, нормативов и стандартов по соблюдению медицинских технологий лечения, материально-техническому и медицинскому обеспечению работ в условиях ЛПА, включая применение средств оперативной связи и оповещения;
 - оснащенность средствами индивидуальной защиты от факторов РА, включая защиту медперсонала при оказании медицинской помощи пострадавшим;
 - наличие автоматизированных методик оценки медико-санитарной обстановки на объектах РА и прогнозов последствий воздействия факторов аварии на персонал и население, а так же средств прогнозирования нежелательных последствий (рисков) планируемых профилактических мер, включая профилактику фармацевтическими препаратами для персонала аварийного объекта и населения;
 - наличие освоенных технологических регламентов проведения аварийно-спасательных работ на территории аварийного объекта соответствующими формированиями;
 - наличие и освоенность системы планирования защитных мероприятий для населения;
 - готовность сложившейся системы организации, обеспечения и фактического проведения учений, деловых игр по обучению действиям в условиях ЛПА при РА. Наличие методики оценки готовности, учитывающей вклад основных факторов влияющих на готовность и основные риски для персонала и населения.

Первые четыре фактора являются в значительной степени традиционными и обеспечиваются обычными организационными мероприятиями. Пятый и последующие факторы соответствуют принципам аварийного медицинского реагирования ВОЗ и МАГАТЭ - исключительная значимость предупредительного или превентивного планирования медико-спасательных мероприятий. То есть сочетание результатов прогнозирования возможного развития медико-санитарной обстановки в зонах воздействия факторов аварии, и оценки реальных возможностей учреждений и формирований ССЭМП при оказании медицинской помощи пострадавшим.

Ряд простых примеров иллюстрируют эти факты. С одной стороны, оперативное планирование нацелено на эффективное использование имеющихся ресурсов в жесткие сроки и при ограниченных финансовых возможностях. С другой, - на уменьшение рисков (радиационные повреждения, облучение людей). В качестве примера можно рассмотреть хорошо известные радиологические данные обследования лиц с инкорпорированным стронцием.

Предварительный анализ проблем подчеркивает значимость планируемых мероприятий в рамках настоящей работы изложенных в таблице 10.

Таблица 10. Основные мероприятия, необходимые для обоснования и разработки системы планирования медико-санитарного обеспечения в случае аварийной ситуации

Направление	Состояние вопроса	Мероприятие, которое требуется выполнить
Официально утвержденный перечень проектных и запроектных аварий по технологическим операциям обращения и транспортировки радиоактивных отходов	Имеются данные по проведенным исследованиям и разработкам	Согласование и утверждение перечня сценариев развития аварийных ситуаций
Оценка медико-санитарных последствий проектных и запроектных аварий	Данные отсутствуют	Оценка возможных медицинских последствий в отношении персонала
Категорирование потенциальной радиационной опасности СЕВРАО в соответствии с ОСПОРБ-99	Имеется предварительное мнение	Категорирование является условием выбора и разработки плана мероприятий по защите населения
Наличие и достаточность документов по противаварийному планированию на предприятии, в МСЧ и ЦГСЭН	Имеются предварительные сведения	Выводы и рекомендации будут сделаны по результатам инспекции
Подготовка персонала МСЧ и ЦГСЭН к работе в условиях аварийной ситуации	Данные отсутствуют	Выводы и рекомендации будут сделаны по результатам инспекции
Наличие плана взаимодействия МСЧ и ЦГСЭН с территориальными и ведомственными медицинскими учреждениями и ЦГСЭН	Имеются предварительные сведения	Выводы и рекомендации будут сделаны на основании анализа достаточности имеющейся системы противаварийного планирования и характеристик территориальных медицинских учреждений

3 Выводы

3.1 Радиологические угрозы

К основным радиационно опасным объектам для окружающей среды, населения и персонала относятся

В губе Андреева:

- БСХ ОЯТ, предназначенные для сухого хранения ОЯТ в чехлах;
- Сооружение № 5 – бывшее хранилище ОЯТ, а также ручей, протекающий за зданием № 5, и очевидно, проходящий под зданием;
- Хранилища ЖРО – штатные и нештатные места хранения – емкости сооружения 6 и 7, а также подвал здания 6, хранилища ТРО;
- Сооружение 67А – хранилище ТРО;
- Площадки для хранения ТРО;
- Сооружение 67, в котором хранятся контейнеры с ТРО;
- Сооружение 7 и 7А – помещения для хранения ТРО.

В поселке Гремиха:

- Хранилище ОТВС;
- Хранилище ОВЧ (1Б);
- 11 хранилищ ЖРО;
- Хранилище ТРО;
- Временная площадка хранения ТРО;
- Плавательная емкость (ПЕК-50) для хранения ЖРО;
- Насосная станция приема и выдачи ЖРО.

Кроме вышеперечисленных объектов, имеется радиоактивное загрязнение на площадках и вокруг них.

С учетом указанных объектов и загрязнения территории, основные радиологические угрозы, расставлены в порядке приоритетов:

1. На промплощадках БТБ в Губе Андреева и поселке Гремиха имеются загрязненные участки территории, на которых мощности дозы превышает 1 мЗв/ч.
2. Территория и акватория прибрежной полосы БТБ загрязнена ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{60}Co . Соотношение « $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ » колеблется в широких пределах, что свидетельствует о наличии очагов локальных радиоактивных загрязнений разной степени активности. Аномальные загрязнения ^{137}Cs почвы зарегистрированы в районе причала – до 4000 Бк/кг, в низине между площадкой хранения ОЯТ и ТРО и

- кладбищем кораблей – до $2 \cdot 10^4$ Бк/кг, и у здания 5 вдоль ручья – до 10^6 Бк/кг. Концентрация ^{90}Sr в почве колеблется от <20 до 7500 Бк/кг. Содержание ^{60}Co в почве береговой зоны обнаружено в единичных пробах и составляло 13 – 152 Бк/кг. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в образцах проб почвы, отобранных в г. Заозерске, не превышает 50 Бк/кг, что значительно ниже по сравнению с промышленной площадкой и уменьшаются в зависимости от расстояния. В поселке Гремиха отмечено локальное повышенное содержание в почве ^{137}Cs , достигающее 2400 Бк/кг.
3. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях береговой полосы БТБ Губы Андреева колеблется от <20 до 600 Бк/кг в зависимости от удаленности от устья ручья. Содержание ^{137}Cs в воде ручья также колеблется в больших пределах – <20 -500 Бк/л около здания 5. Загрязнение водорослей и перифитона в районе стоянки судов более чем на порядок выше по сравнению с теми же водными растениями, отобранными в СЗЗ (>2500 -4600 Бк/кг по сравнению с 200 – 250 Бк/кг). При этом загрязнения донных отложений различаются только в 3 раза (600 Бк/кг по сравнению с 200 Бк/кг). Т.е., в водных организмах наблюдается накопление техногенных радионуклидов. Уровни суммарной бета-активности в водорослях в районе сухого дока и причала 8 (акватория БТБ в Гремихе) составляют от 200 до 430,0 Бк/кг. В ламинарии (поселок Гремиха) содержание ^{137}Cs составляет более 1500 Бк/кг.
 4. Среднегодовая концентрация ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосферном воздухе СЗЗ и ЗН составляет соответственно ($<0,03$ - $<0,7$) и ($<0,22$ - $0,7$) Бк/м³. Данные значения в десятки раз ниже допустимой объемной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в атмосферном воздухе (2,7 Бк/м³ для ^{90}Sr and 27 Бк/м³ для ^{137}Cs). Однако, приведенные значения величин значительно превышают фоновое содержание ^{90}Sr and ^{137}Cs в атмосферном воздухе, характерное для региона Мурманской области [$(1,0$ - $18,0) \cdot 10^{-6}$ Бк/м³].
 5. Объемная активность ^{137}Cs в морской воде акватории БТБ губы Андреева на расстоянии 20 м от берега составляет 5–7 Бк/м³ при фоновом содержании для данного района ~ 10 Бк/м³. В районе причалов отмечены следовые радиоактивные загрязнения морской воды. В акватории БТБ поселка Гремиха выявлены более высокие концентрации ^{137}Cs в морской воде – до 20 Бк/м³ по сравнению с активностью воды в открытом море.
 6. Оценить реальные дозы облучения населения на основании имеющихся данных весьма затруднительно, поскольку, как следует и данных таблицы 8, многие параметры радиационно-гигиенической обстановки не изучены. Так, отсутствуют корректные данные по содержанию основных радионуклидов в питьевой воде и пищевых продуктах, в том числе местных (оленина, рыба, дикорастущие).
 7. Формы нахождения радионуклидов в почвах и пути миграции их во внешней среде как в губе Андреева, так и в Гремихе практически никем не оценивались.

3.2 Мероприятия, направленные на снижение угроз

Как показано выше, на площадках Губы Андреева и Гремихи (БТБ) находится ряд радиоактивных источников, включая ОЯТ, ЖРО и ТРО, а также загрязненные участки территории. Учитывая существующие очень высокие мощности дозы, важно определить приоритеты и структуру мероприятий по контролю этих источников с целью максимального снижения потенциальных угроз. Особенно, это касается удаления ОЯТ, что является наиболее приоритетной задачей, как будет указано ниже.

Очень высокие мощности дозы на площадке свидетельствуют о том, что при сложившихся условиях любые работы на площадке обладают значительным риском для здоровья. Это более всего касается обращения с ОЯТ и высокоактивными РАО в блоках сухого хранения 2А, 2В и 3А в губе Андреева. Имеющиеся в настоящее время условия хранения этих материалов нестабильны и могут привести к их деградации, что также создаёт повышенный риск возникновения аварий. Таким образом, процесс удаления ОЯТ может привести к существенному потенциальному увеличению доз облучения персонала и высокой вероятности возникновения аварийных ситуаций. В связи с этим, удаление ОЯТ можно считать определяющим способом уменьшения как мощностей дозы на площадке, так и риска серьезных аварий, что позволит выполнять другие работы на площадке с большей безопасностью.

В настоящее время имеются два пути решения проблемы удаления ОЯТ. Первый – проведение работ в нестандартных условиях, что потребует разработки специальных регулирующих документов. Второй – улучшение инфраструктуры на объекте, позволяющий проводить работы в рамках имеющихся нормативных документов. Но улучшение инфраструктуры растянется на несколько лет, прежде чем можно будет начать реальное удаление ОЯТ. Поэтому необходимо найти оптимальное решение по скорейшему удалению ОЯТ при соблюдении норм радиационной безопасности.

Наряду с анализом проблем по удалению ОЯТ необходимо охарактеризовать состояние других отходов и источников загрязнения внутри объекта. После удаления ОЯТ будет создана удовлетворительная радиационная обстановка, что позволит впоследствии определить приоритеты в действиях по дальнейшей очистке и переработке отходов.

Практически отсутствуют данные по уровням радиоактивного загрязнения территорий, прилегающих к площадкам. Имеющийся объем информации о радиационной обстановке вне объекта не достаточен для создания полной и объективной картины по уровням загрязнения радионуклидами и их миграции в окружающей среде. И хотя приоритет этого ниже приоритета удаления ОЯТ, однако это не уменьшает значимости создания базы для последующей разработки регулирующих критериев по реабилитации территории и объектов.

3.3 Регулирующие действия

Для выработки программы работ по ликвидации угроз, создаваемых ОЯТ на объектах, с которой могли бы согласиться и операторы и регулирующие органы, необходимо проведение следующих оценок:

1. Текущая ситуация

- а. Величины мощностей доз. Дозы персонала и населения в создавшихся условиях
- б. Риски аварий для персонала и населения
- в. Оценка вероятного развития ситуации (с учетом возможного изменения мощности дозы и аварийных рисков), в случае, если никакие меры не будут приняты

2. Проведение работ по удалению ОЯТ

- а. Подробная характеристика рабочих операций
- б. Дозы и аварийные риски, связанные с различными операциями, с учетом
 - I. подробной характеристики мощности дозы на основании вышеуказанного пункта а;
 - II. различных временных стратегий;
 - III. разработка других приемлемых способов снижения доз и рисков (например, средства защиты персонала);
- в. Разработка комплекса мероприятий по снижению вероятности и тяжести потенциальных аварий
 - I. Приоритеты для аварийного планирования и реагирования, вероятно, зависят от стратегии, принятой на предприятии (особое внимание медицинскому обслуживанию персонала частично объясняется повышенной вероятностью того, что вывоз ОЯТ будет связан с первым, и что скорее всего, в аварии пострадают несколько человек, но окружающая среда не будет загрязнена)

3. Ситуация в будущем

- а. Разные стратегии восстановительных работ будут определять прогнозируемые дозы и риски, влекущие за собой разные стратегии.

В рамках настоящей работы планируется разработать регулирующие документы, пригодные для применения в условиях нештатных ситуаций, оставаясь при этом в рамках действующих законов и нормативов.

Наряду с вышеизложенным, целесообразно провести подготовительные работы по подготовке процедуры вывода из эксплуатации объектов, а также необходимых реабилитационных работ на прилегающих территориях. Основные мероприятия направлены на :

- Сбор информации по радиационной обстановке за пределами объекта применительно к ситуации на объекте (эта информация также может пригодиться для определения текущей ситуации, о которой говорилось выше в пункте 1.а);
- Разработку регулирующих критериев и руководства по реабилитации загрязненных территорий и объектов. (Эти аспекты изложены ниже.)

Характеристика текущей ситуации

1. В настоящее время схемы транспортно-технологических операций по обращению с ОЯТ и РАО на объектах СевРАО в губе Андреева находятся на начальных стадиях проектирования. Проектирование осуществляется на основании требований ОСПОРБ-99 и НРБ-99, которые не учитывают в полном объеме специфику условий СевРАО. Поэтому представляется целесообразным участие органов регулирования в оценке предлагаемых проектных решений и, в частности, Института биофизики, который сам не является органом регулирования, но разрабатывает для органов регулирования нормативно-методическое обеспечение.
2. Для оценки радиационного риска, обусловленного существованием и производственной деятельностью БТБ, необходимо располагать данными не только по радиационной обстановке на рабочих местах и в зонах контроля (мощность доз фотонного излучения, концентрации и дисперсности радиоактивных аэрозолей, уровнях поверхностного загрязнения), но и об индивидуальных дозах облучения контролируемых групп населения и о значениях доз на местности, непосредственно прилегающей к территориям БТБ. Данные по индивидуальным дозам и дозам на местности, определённые за заданный интервал времени, позволяют с учётом характера жизнедеятельности сделать оценки годовых эффективных и коллективных доз.
3. Анализ предлагаемых проектных решений будет базироваться на оценке параметров радиационной обстановки при выполнении работ по обращению с ОЯТ и на разработанном в рамках проекта 1 пакете нормативно-методических документов, включающих:
 - рекомендации по применению СИЗ персонала в реальных условиях СевРАО;
 - рекомендации по применению средств коллективной защиты персонала в реальных условиях СевРАО;
 - классификацию радиационно-опасных технологических операций и комплекс мероприятий по обеспечению радиационной безопасности при их проведении;
 - итоговое по трем проектам Руководство «Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при проведении работ на объектах СевРАО» и выполнения, тем самым, функций регулирования радиационной безопасностью.

-
4. Итоговое Руководство должно решить следующие задачи, что необходимо для выбора наиболее оптимальных проектных решений:
 - обеспечение радиационной безопасности персонала СевРАО при выполнении работ в наиболее радиационно-опасных условиях, в которых должна производиться выгрузка ОЯТ из ячеек хранилищ, осушение чехлов и их транспортировка к месту перечехловки и др.;
 - обеспечение радиационной безопасности персонала при возникновении нештатных и/или аварийных ситуаций, которые могут возникнуть при выполнении операций выгрузки ОЯТ из ячеек хранилищ, осушения чехлов и их транспортировке к месту перечехловки.

Определение аварийных рисков и аварийная готовность

5. На современном этапе развития системы готовности и противоаварийного планирования на предприятиях «СевРАО» первоочередным действием является инициация процедур, направленных на получение официально утвержденного перечня возможных аварийных ситуаций на стадиях обращения с РАО и ОЯТ. Выходом по данному направлению должно явиться категорирование объекта по потенциальной аварийной опасности в соответствии с требованиями нормативных документов. В свою очередь присвоение соответствующей категории будет определять необходимый уровень планирования защитных и медицинских мероприятий, как в отношении персонала, так и населения. Скорее всего, указанная процедура будет носить динамичный характер, и категория объекта может пересматриваться с учетом практики улучшения технологии, условий хранения и вывоза ОЯТ. В настоящее время при выполнении работ в рамках задач проекта 3 будет консервативно предполагаться, что предприятие «СевРАО» относится к объектам первой (самой высокой) категории потенциальной аварийной опасности в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99.
6. В результате анализа возможных аварийных ситуаций, путей и факторов аварийного воздействия на персонал предполагается выполнение двух вариантов прогноза структуры санитарных потерь (количество вовлеченных и пострадавших лиц по степени тяжести поражения). Первый вариант оценок будет опираться на формальные данные, предоставленные «СевРАО», в рамках существующего противоаварийного плана. Второй вариант оценок будет выполнен по специальной экспертно-аналитической методике. Сопоставление полученных результатов позволит верифицировать достаточность имеющейся медицинской базы, возможности оказания необходимого объема медицинской помощи и документов, регламентирующих работу медицинского персонала.
7. Предварительный анализ показал, что даже при самом неблагоприятном развитии аварийной ситуации на предприятиях «СевРАО», облучение населения в клинически значимых дозах практически исключено. В то же время, необходимо оценить достаточность территориальной медицинской службы при выполнении мероприятий в отношении населения в процессе осуществления вмешательства (эвакуация, укрытие, ограничительные мероприятия на загрязненной территории). В этой связи предполагается

проанализировать имеющиеся планы, включая планы по взаимодействию между МСЧ-120 и территориальными лечебными учреждениями.

Разработка реабилитационных критериев и понимание обстановки вне объекта

8. В основном, работы по радиационно-гигиеническому контролю окружающей среды в Губе Андреева и поселке Гремиха проводились на территории промышленной площадки. Дополнительные исследования радиационно-гигиенической обстановки необходимо провести в СЗЗ и ЗН по всему периметру, а не только в береговой зоне, особенно в области БТБ Гремихи и Островного.
9. Прогноз миграции радионуклидов является основной частью оценки безопасности загрязненных территорий и должен проводиться с учетом конкретных техногенных и природных условий изучаемого участка региона, что позволит использовать полученные материалы при разработке реабилитационных мероприятий и соответствующей нормативной документации.
10. Потребуется разработать регулирующие документы для обеспечения радиационной безопасности персонала и населения при последующем после реабилитации использовании территории посредством разработки критериев остаточного загрязнения территории, зданий и сооружений объектов СевРАО радиоактивными веществами для нескольких наиболее вероятных вариантов их вывода из эксплуатации (неограниченного использования, ограниченного использования как промышленного объекта с применением радиоактивных материалов, ограниченного использования как промышленного объекта без применения радиоактивных материалов и др.).
11. Проведение государственного санитарно-эпидемиологического надзора за состоянием окружающей среды вне предприятия обуславливает необходимость совершенствования соответствующих методических документов:
 - Контроль и надзор за обеспечением радиационной безопасности при выполнении работ по реабилитации БТБ связан с проведением мониторинга радиационной обстановки, как на территории предприятия, так и вне его, что требует разработки специального документа – порядка (регламента) проведения контроля и мониторинга. В этом документе необходимо установить контрольные точки, необходимый объем, периодичность, виды контроля и мониторинга и пр.;
 - Разработка критериев и гигиенических нормативов по реабилитации, обеспечивающих социально-приемлемые гарантии радиационной безопасности населения на территориях БТБ с радиоактивным загрязнением;
 - Установление дозовых квот в целях предотвращения необоснованного облучения населения в районах БТБ, а также разработка справочных уровней в величинах радиационных параметров, которые могут быть измерены при проведении радиационного контроля.

Литература

Вакуловский С. М. Радиационное загрязнение водных объектов на территории СССР и России в 1967 – 2000 гг. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва – 2003. – 66 с.

Громов В.В. и др. Техногенная радиоактивность Мирового океана. М. Энергоатомиздат. 1985 г. – 172 с.

Коноплев А.В. Трансформация форм нахождения ^{90}Sr и ^{137}Cs в почве и донных отложениях //Атомная энергия. – 2000, - Т. 88. – Выпуск 1. – С. 3–10.

Курчатовский институт, 1997. Проведение I этапа работ по предотвращению крупномасштабных радиационных загрязнений губы Андреева. Отчет. Институт ядерных реакторов. РНЦ «Курчатовский институт». Москва – 1997. – 15 с.

Курчатовский институт, 2000. Отчет о выполнении НИР «Подготовка и проведение работ по предотвращению крупномасштабного радиационного загрязнения губы Андреева (Мурманская область). Договор 6/1998. Институт ядерных реакторов РНЦ «Курчатовский институт». Москва – 2000. - 21с.

Мастер-план. Стратегические подходы в решении проблемы комплексной утилизации выведенного из эксплуатации российского атомного флота в Северо-западном регионе России. Обзор подготовлен для предварительных консультаций с общественностью в Мурманске, Северодвинске и в Москве 22-26-го ноября 2004 г. – 2004. – 28 с.

Методика, 2001. Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения. № 11-2/206-09. Утв. Заместитель Главного государственного санитарного врача Российской Федерации С. И. Иванов.- Москва, 2001. – 11 с.

Методические указания, 1999. Порядок ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий //Приказ об утверждении: МЗ РФ, № 239; Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, № 66; Государственный комитет по охране окружающей среды №288. Москва, 1999. – 41 с.

Методические рекомендации, 2001. Оптимизация радиационной защиты персонала предприятий Минатома России. – МР 30-1490-2001. //Методическое обеспечение радиационного контроля на предприятии. Том 2.– Москва. – 2002.

Методические указания, 2003. Расчет доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения предприятий Федерального агентства по атомной энергии» (проект). Москва, Федеральное медико-биологическое агентство – 2003. – 21 с.

Моисеев А.А., Рамзаев П.В. Цезий –137 в биосфере. М.: Атомиздат.–1975. – 180 с.

НИКИЭТ, 2004 а. Отчет. Проект: Губа Андреева-Задача 2. Технико-экономическая оценка (вариантов) обращения с отработавшим ядерным топливом береговой технической базы губы Андреева Кольского полуострова и оценка воздействия на окружающую среду. Том. 1. НИКИЭТ им. Н.А.Доллежала. Москва – 2004, 182 с.

НИКИЭТ, 2004 б. Отчет. Проект: Губа Андреева-Задача 2. Технико-экономическая оценка (вариантов) обращения с отработавшим ядерным топливом береговой

- технической базы губы Андреева Кольского полуострова и оценка воздействия на окружающую среду. Том 2., НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала. Москва – 2004, – 197 с.
- НКДАР ООН, 2000. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет Научного комитета ООН по действию атомной радиации 2000 года с научными приложениями. Том 1. Источники (часть 1). Пер. с англ. под редакцией акад. РАМН Л.А. Ильина и проф. С.П. Ярошенко. М., РАДЭКОН, 2002.
- Нормы радиационной безопасности. НРБ-99. Гигиенические нормативы СП 2.6.1.758-99, Минздрав России, - 1999. – 116 с.
- Отчет «Анализ риска и последствий аварийных событий с возможностью выброса радиоактивных веществ в пределах и за территорию промплощадки ФГУП «СевРАО» в губе Андреева. – 2004.
- РГП СевРАО, 2004. Радиационно-гигиенический паспорт организации ФГУП «СевРАО» (ОФ №2) по состоянию на 2004 год. Филиал в ЗАТО г. Островной Мурманской обл., - 2004 – 5 с.
- РГП, 2004. Радиационно-гигиенический паспорт территории Мурманской области по состоянию на 2003 год // ЦГСЭН Мурманской области. – Федеральный центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора РФ. Москва – 2004. – 8 с.
- Росатом, 2004 а. Концепция экологической реабилитации береговых технических баз Северного региона России, утвержденная Румянцевым А.Ю. в феврале 2004 г. – Москва, Минатом РФ, ФГУП НИКИЭТ – 2004 – 15 с.
- Росатом, 2004 б. Обеспечение ядерной безопасности при хранении ОТВС на объектах ФГУП «СевРАО» и ФГУП «ДальРАО» //Решение № С1/5-7 секции № 1 НТС № 5 Росатома. – 2004. – 5 с.
- Росатом, 2005. Доклад Васильева А.П. «Ход работ по утилизации АПЛ и реабилитации БТБ» на заседании секции № 2 НТС 5 Росатома 9 марта 2005 г.
- Сев РАО, 2001. Акт обследования санитарно-гигиенического состояния ОФ № 2 ФГУП «СевРАО» в г. Островной от 23.08.2001 г.. – 2001. – 21 с.
- Соколик Г.А. и др. Влияние органических компонентов на состояние Рu и Am в почвах и почвенных растворах //Радиохимия. – 2003, №4. – С. 375–377.
- Степанец О.В. и др. Исследование роли взвешенного материала и растворимых органических веществ в поведении и миграции антропогенных радионуклидов в водной системе река – море //Радиохимия. – 2003 г., №4. – С. 382–385.
- Тайфун, 2004. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2002 г. Ежегодник. Под ред. К.П.Махонько. – Обнинск: НПО «Тайфун», 2004.
- Трансурановые элементы в окружающей среде. Пер. с англ. Под ред. У.С. Хенсона. М. Энергоатомиздат, - 1985. – 344 с.
- Троицкая М.Н., Рамзаев П.В., Моисеев А.А. и др. Радиоэкология ландшафтов Крайнего Севера //Радиоэкология, Т. 2. Под редакцией Клечковского В.М. М.: Атомиздат. – 1971. – 720 с.
- Сев РАО, 2001. Акт обследования санитарно-гигиенического состояния ОФ № 2 ФГУП «СевРАО» в г. Островной от 23.08.2001 г.. – 2001. – 21 с.

ЦГСЭН–120, 2003. Годовой отчет промышленно-санитарной лаборатории № 1 и №2 ЦГСЭН №120 по ЗФ№1 и ОФ №2 ФГПИУ «Сев РАО» за 2003 г., ЗАТО Снежногорск Мурманской обл., - 2003. – 31с.

ЦГСЭН–120, 2004. Годовой отчет промышленно-санитарной лаборатории № 1 и №2 ЦГСЭН №120 по за 2004 г. ЗФ №1, ОФ №2 ФГУП «СевРАО» за 2004 г., ЗАТО Снежногорск Мурманской обл., - 2004. – 26 с.

AMAP Assessment 2002 г. Radioactivity in Arctic. Arctic. Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo – 2004 – 100 p.

CEC, 1991. ALARA: From Theory Towards Practice, Rep. EUR-13796, CEC, Luxembourg. – 1991.

IAEA, 1990. Operational Radiation Protection: A Guide to Optimization, Safety Series No. 101, IAEA, Vienna. – 1990.

IAEA, 2002. Optimization of Radiation Protection in the Control of Occupational Exposure. Safety Reports Series No. 21, IAEA, Vienna, - 2002. Серия докладов по безопасности № 21.

IAEA - International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, Safety Standards. Safety Series 115 Vienna, Austria. 1996

IAEA - International Atomic Energy Agency. Implementation of the remediation process for past activities and accidents. Draft Safety Guide. DS172. Vienna, Austria. 2005a.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Release of sites from regulatory control upon termination of practices. Draft Safety Guide. DS332. Vienna, Austria. 2005b.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Decommissioning of nuclear facilities. Draft Safety Guide. DS333. Vienna, Austria. 2005c.

IAEA - International Atomic Energy Agency. International scale of nuclear events (INES). Guide for users. Publication 2001. IAEA-INES-2001.

IAEA - International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, Safety Standards. Safety Series 115 Vienna, Austria. 1996

IAEA - International Atomic Energy Agency. Implementation of the remediation process for past activities and accidents. Draft Safety Guide. DS172. Vienna, Austria. 2005a.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Release of sites from regulatory control upon termination of practices. Draft Safety Guide. DS332. Vienna, Austria. 2005b.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Decommissioning of nuclear facilities. Draft Safety Guide. DS333. Vienna, Austria. 2005c.

IAEA - International Atomic Energy Agency. International scale of nuclear events (INES). Guide for users. Publication 2001. IAEA-INES-2001.

ICRP, 1983. Cost–Benefit Analysis in the Optimisation of Radiation Protection, ICRP Publication 37, Pergamon Press, Oxford and New York. – 1983.

ICRP, 1989. Optimization and Decision-Making in Radiological Protection, Publication No. 55, Pergamon Press, Oxford and New York. – 1989.

ICRP Publication 60 1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP Vol.21 No. 1-3, 1992.

ICRP Publication 81. Radioactive protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste. Annals of the ICRP Vol.28 No. 4, 1998.

Lefaire, C., Monetary Values of the Person-Sievert — From Concept to Practice: The Findings of an International Survey, CEPN-R-254, Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, Paris. — 1998.

Lochard, J., Lefaire, C., Schieber, C., Schneider, T., A model for the determination of monetary values of the man-sievert, J. Radiol. Prot. 16. — 1996. — P. 201–204.

NRPA, 2004. Andreeva Bay Radiation Protection Project. Measurements and results. NRPA, Norway. — 2004. — 84p.

Список исполнителей с Российской стороны

Кочетков О.А. - Зам. Директора, зав. Отделом, к.т.н.

Симаков А.В. – Зав. Лаб., к.м.н.

Шандала Н.К. – Зав. Лаб., д.м.н.

Савкин М.Н. – Зам. Директора, зав.лаб., к.т.н.

Абрамов Ю.В. – В.н.с., к.м.н.

Барчуков В. Г. - В.н.с., к.м.н.

Гимадова Т. И. – Зав.лаб., к.т.н.

Грачёв М. И. - Зав.лаб., к.м.н.

Клочков В. Н. – В.н.с., к.т.н.

Новикова Н. Я. - В.н.с., к.б.н.

Орлова Е. И. - С.н.с., к.х.н.

Рубцов В. И. – Зав.лаб., д.т.н.

Саяпин Н. П. - В.н.с., к.м.н.

Титов А. В. - С.н.с.

Тутельян О. Е. - К.м.н.

Цовьянов А. Г. – Зав.лаб., к.т.н.

Фролов Г. П. - В.н.с., к.м.н.

Шинкарёв С. И. – Зав.лаб., к.т.н.

Яценко В. И. – Зав.лаб., к.т.н.

Список сокращений

***БСХ** - Блок сухого хранения*

***БТБ** - Береговая техническая база*

***ЖРО** - Жидкие радиоактивные отходы*

***ЗАТО** - Закрытое административно-территориальное образование*

***ЗН** - Зона наблюдения*

***ИДК** - Индивидуальный дозиметрический контроль*

***КПП** - Контрольно-пропускной пункт*

***ОВЧ** - Отработавшая выемная часть*

***ОТВС** - Отработавшая тепловыделяющая сборка*

***ОЯТ** - Отработавшее ядерное топливо*

***ПВХТРО** - Площадка временного хранения твердых радиоактивных отходов*

***ПЕК** - Плавательная емкость*

***ПСА** - Промышленно-санитарная лаборатория*

***РАО** - Радиоактивные отходы*

***РФ** - Российская Федерация*

***СЗЗ** - Санитарно-защитная зона*

***ТРО** - Твердые радиоактивные отходы*

***ФМБА** - Федеральное медико-биологическое агентство*

***ХЖО** - Хранилище жидких радиоактивных отходов*

***ЦГСЭН** - Центр Государственного санитарно-эпидемиологического надзора*

StrålevernRappport 2005:1

Virksomhetsplan 2005

StrålevernRappport 2005:2

Natural Radioactivity in Produced Water from the Norwegian Oil and Gas Industry in 2003

StrålevernRappport 2005:3

Kartlegging av historiske utslipp til Kjeller-området og vurdering av mulige helsekonsekvenser

StrålevernRappport 2005:4

Assessment of environmental, health and safety consequences of decommissioning radioisotope thermal generators in NW Russia

StrålevernRappport 2005:5

Environmental Impact Assessments in Arctic Environments
Protection of plants and animals

StrålevernRappport 2005:6

Anbefaling for opplæring av medisinske fysikere i stråleterapi i Norge

StrålevernRappport 2005:6b

Øvingsoppgaver til Anbefaling for opplæring av medisinske fysikere i stråleterapi i Norge

StrålevernRappport 2005:7

Radionuclides in Marine and Terrestrial Mammals of Svalbard

StrålevernRappport 2005:8

Forvaltningsstrategi om magnetfelt og helse ved høyspentanlegg

StrålevernRappport 2005:9

Statens strålevern i Mammografiprogrammet
Databaseprogram for kvalitetskontrollresultater

StrålevernRappport 2005:10

Radioaktiv forurensing i sauekjøtt, ku- og geitemelk, 1988-2004

StrålevernRappport 2005:11

Tilsyn med medisinsk strålebruk ved fem Helseforetak i 2004
- etter ny forskrift om strålevern og bruk av stråling

StrålevernRappport 2005:12

Stråledose til screena kvinner i Mammografiprogrammet

StrålevernRappport 2005:13

Reprosessering og lagring av brukt reaktorbrensel i Russland
Status og alternativer

StrålevernRappport 2005:14

Norsk støtte til sikkerhetsarbeid ved russiske kjernekraftverk
Strategi for 2005 - 2007

StrålevernRappport 2005:15

Yrkeseksponering i Norge
Ioniserende stråling. Ikke-ioniserende stråling

StrålevernRappport 2005:16

Årsrapport fra persondosimetritjenesten ved Statens strålevern 2004

StrålevernRappport 2005:17

Initial Threat Assessment
Radiological Risks Associated with SevRAO Facilities Falling Within
the Regulatory Supervision Responsibilities of FMBA