

ЭКОЛОГИЯ

УДК 621.039.58+504.055

ВОПРОСЫ РАДИОЭКОЛОГИИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА РОССИИ

М.С. Хвостова, кандидат географических наук, доцент

Д.А.Воронков, студент

А.С.Пыхтин, студент

*«Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва
marinakhvostova@list.ru*

Представлена информация по основным источникам радиоактивного загрязнения Арктического региона России, таким как испытания ядерного оружия, эксплуатация и утилизация атомных подводных лодок, захоронение радиоактивных отходов в морях Северного Ледовитого океана и другие. Проанализированы потенциально опасные объекты. Определен комплекс основных радиоэкологических проблем, которые требуют безотлагательного решения. Делается вывод, что одна из необходимых и обязательных составляющих успешного развития региона – это обеспечение радиационной безопасности.

Ключевые слова: Арктический регион России, радиационная безопасность, радиоактивные отходы, отработавшее ядерное топливо, ядерная энергетическая установка

ISSUES OF RADIOECOLOGY OF THE ARCTIC REGION OF RUSSIA

M.S. KHvostova, Ph.D. (Geography)

D.A.Voronkov, student

A.S.Pyhtin, student

*National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow
marinakhvostova@list.ru*

Information is presented on the main sources of radioactive contamination in the Arctic region of Russia, such as nuclear weapons testing, operation and dismantling of nuclear submarines, radioactive waste disposal in the seas of the Arctic ocean and others. Potentially dangerous objects are analyzed. The complex of the main radioecological problems which require urgent solution is defined. It is concluded that one of the necessary and mandatory components of the successful development of the region is to ensure radiation safety.

Keywords: The Arctic region of Russia, radiation safety, radioactive waste, spent nuclear fuel, nuclear power plant

Введение. Долгое время Арктика считалась территорией, не приспособленной для жизни людей, не проходимой ни водным, ни наземным путём. В XI веке русские мореплаватели вышли в моря Северного Ледовитого океана. В XII—XIII вв. открыли острова Вайгач, Новая Земля, а в конце XV в. — острова архипелага Шпицберген, остров Медвежий. Так началось активное освоение русской Арктики [1].

Площадь Арктической зоны Российской Федерации сегодня составляет около 6 млн. кв. км, в том числе около 3 млн. кв. км из них занимают акватории. Арктическая зона является чрезвычайно богатым минерально-сырьевыми ресурсами регионом: здесь открыто 594 месторождения нефти, 159 месторождений газа, 2 месторождения никеля и более 350 месторождений золота, добывается около 80% российского газа, большие объёмы нефти, а также свыше 90% никеля и кобальта [2]. Помимо запасов полезных ископаемых, Арктическая зона Российской Федерации богата биологическими ресурсами: здесь обитает примерно 80% всего видового разнообразия Арктики.

Кроме того, основными интересами в регионе являются: военно-стратегические и освоение заполярных транзитных маршрутов между рынками атлантического и тихоокеанского бассейнов. Следует отметить и экстремальные природно-климатические условия Арктического региона, включая постоянный ледовый покров и дрейфующие льды. Все указанные обстоятельства обуславливают природную и ресурсную уникальность Арктической зоны России, что требует специального подхода к ее изучению, использованию и охране.

Несмотря на суровые природно-климатические условия и сложность пребывания в них людей, хозяйственная деятельность, которая ведется в данном регионе, оставила заметный экологический след. Регион испытывает значительную экологическую нагрузку. При населении 1,7% от численности населения Российской Федерации

российская Арктика производит 12% валового внутреннего продукта страны [2]. Особое внимание при этом следует обратить на радиационную обстановку и радиэкологические проблемы, которые присутствуют в регионе.

Арктический регион России в силу своих географических и социологических особенностей в большей степени подвергается опасности радиоактивного загрязнения и степень этой опасности постоянно возрастает. Во многом это связано с наличием в регионе большого количества военных объектов по испытаниям ядерного оружия и атомных военно-морских баз. В настоящее время отдельные территории Арктического региона России относятся к числу экологически неблагоприятных. Можно выделить следующие источники потенциальной опасности радиоактивного загрязнения окружающей среды в данном регионе:

- энергетические ядерные установки (ЯЭУ), в числе которых — Кольская и Билибинская атомные станции;
- атомный ледокольный флот;
- Северный флот, оснащенный подводными и надводными кораблями с ЯЭУ и несущий ядерное оружие;
- судоремонтные и судостроительные заводы как гражданского, так и военного профиля;
- испытания ядерного оружия на Новой Земле;
- подземные ядерные взрывы в «мирных» целях;
- предприятия, занимающиеся переработкой и утилизацией радиоактивных отходов (РАО) и списанных подводных лодок;
- пункты захоронения радиоактивных отходов;
- затонувшие атомные корабли;
- радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГи), используемые в регионе в качестве источников питания навигационного оборудования, знаков и маяков;
- поступление радиоактивных отходов с западноевропейских радиохимических заводов (в основном, в

Ирландское море с английского завода Селлафилд и в пролив Ла-Манш с французского радиохимического завода на мысе Аг);

- интенсивный вынос реками в Карское море техногенных изотопов от Сибирского химического комбината, ПО «Маяк» и Красноярского горно-химического комбината;

- добыча и переработка естественно-радиоактивного сырья;

- последствия выпадения радиоактивных осадков после аварии на Чернобыльской АЭС.

Радиоэкологические проблемы Арктического региона России.

Мурманская область по количеству ядерных реакторов на душу населения превосходит все другие области и страны. Здесь широко распространены объекты, применяющие различные ядерные технологии. Из гражданских объектов это, прежде всего, Кольская атомная электростанция, имеющая четыре энергоблока с водо-водяными реакторами под давлением типа ВВЭР-440 единичной электрической мощности 440 МВт (причем, два из них близки к выработке ресурса). РТП «Атомфлот» (г. Мурманск) принадлежат 4 действующих атомных ледокола, 5 выведенных из эксплуатации и 1 действующий лихтеровоз. На 58 предприятиях и учреждениях области используются различные радиоизотопные приборы технологического контроля [3].

На Чукотке в зоне вечной мерзлоты была построена Билибинская атомная теплоэлектростанция (АТЭЦ). На станции работают 4 блока ЭГП-6 (графитовые каналные реакторы раннего периода). 1 и 2 блоки введены в эксплуатацию в 1974 г., 3 блок — в 1975 г., 4 блок — в 1976 г.

Конструкция тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) и каналов реактора, по замыслу их создателей, должна предотвращать попадание образующихся в урановом топливе радионуклидов в воду первого контура и к потребителям. Однако конструкторы не учли возможность диффузии трития (радиоактивного изотопа водорода) через стенки ТВЭЛов, сделанных из

нержавеющей стали, в воду первого контура и далее. Через оболочку ТВЭЛа проникает до 80% трития [4]. Несовершенная конструкция реактора Билибинской АТЭЦ, многочисленные утечки воды из первого контура привели к тому, что район этой станции загрязнен не только тритиевой водой, которая по своим химическим свойствам близка к обычной воде, легко включается в биогеохимические циклы и негативно влияет на биосферу, но и стронцием-90 и цезием-137.

Воды зоны оттаивания мерзлотных пород, сформировавшейся под объектами первой очереди Билибинской АТЭЦ, содержат тритий в концентрациях от 156 ТЕ (промплощадка) до 1719 ТЕ (скважина № 16), что сравнимо по порядку величины с глобальными концентрациями трития, произведенными в 1950-х гг. в результате взрывов водородных бомб. Для сравнения: максимальные концентрации трития в атмосферных осадках над Великобританией, образовавшиеся при испытаниях термоядерного оружия, наблюдались в 1963 г. и доходили до 2000-4000 ТЕ (ТЕ — тритиевая единица, создающая 7,2 распада в минуту в литре воды). Высокие концентрации трития в районе Билибинской АТЭЦ невозможно объяснить естественными причинами, так как в аналогичных породах северной Якутии (верховья р. Яны) содержание трития в водах сезонно-талых поверхностных грунтов не превышает 2 ТЕ. По заключению ученых из Московского университета им. М.В. Ломоносова и специалистов из института «ВСЕГИНГЕО» такие большие концентрации трития можно объяснить только утечками из коммуникаций на промплощадке первой очереди Билибинской АТЭЦ [4].

На энергоблоках Билибинской АТЭЦ большая часть оборудования исчерпала или в ближайшее время исчерпает свой ресурс. В 1990-х гг. на АТЭЦ произошел ряд инцидентов, включая утечку РАО и облучение работников станции. В связи с этим в 1995 г. Певекским и Колымским территориальными управлениями по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды проводились мониторинговые исследования общей радиационной обстановки округа. Мониторинговые наблюдения показали, что в целом по Чукотке уровень радиации не вызывает опасений и не превысил значений радиоактивности по сравнению с 1994 г. В том же году Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева проводил радиационные исследования и отбор проб в Чаунском и Билибинском районах. Превышений допустимых норм в Чаунском районе не было выявлено, содержания радионуклидов в организмах исследуемых людей зафиксировано не было. Однако установлено, что концентрация цезия-137 в растениях Билибинского района в 2-4, а концентрация стронция-90 — в 2 раза превышают содержание этих радиоизотопов в аналогичных пробах Чаунского района [5]. Следует также отметить, что содержание стронция-90 в костях жителей округа, ведущих традиционный образ жизни (кочевое оленеводство), в 5-6 раз выше среднероссийского, а среднегодовая эффективная эквивалентная доза облучения составляла 0,5 бэр/год при среднем значении по округу 0,4 бэр/год. Это в первую очередь объясняется концентрацией радиоактивных веществ в трофической цепи “ягель-олень-человек” и тяжело протекающим выводом радиоактивного стронция из костной ткани организма человека.

Учитывая замедленность биологического круговорота веществ в экосистемах Чукотки, любая серьезная авария нанесет значительный ущерб окружающей среде и здоровью человека.

Также непосредственно на берегу Восточно-Сибирского моря в 20 км восточнее г. Певека находится закрытая в 1957 г. обогатительная фабрика уранового производства, в хвостохранилище которой накоплены радиоактивные отходы. Его площадь составляет 20 км², поверхность отстойника открыта,

территория до сих пор остается нерекультивированной. Концентрация радона в хвостохранилищах рудника в сотни раз превышает фоновые значения. Согласно данным радиометрических исследований, удельная альфа-активность отходов и концентрация радона более чем в 100 раз превышает фоновые содержания [6].

Но все же основное количество ядерных объектов в Арктике связано с Вооруженными Силами Российской Федерации. Основные базы находятся в Кольском заливе и по побережью Кольского полуострова. В местах отстоя, обслуживания, ремонта и утилизации атомных подводных лодок (АПЛ) возникали локальные радиоактивные загрязнения. Вследствие этого появились участки акваторий и побережья, где концентрация Со-60 превышала уровень фона в 30-70 раз, а Cs-137 — в сотни и тысячи раз. На территориях береговых технических баз, в частности, в районе пос. Гремиха и губы Андреева, появились сильно загрязненные участки почвы, где мощность дозы гамма-излучения превышала предельно допустимую на 3-4 порядка [7,8].

На западном берегу губы Андреева расположена 569-я береговая техническая база Северного флота России, введенная в эксплуатацию в 1961 г. За годы Холодной войны на базе скопилось большое количество отработанного ядерного топлива (ОЯТ), извлеченного из реакторов подводных лодок. В феврале 1982 г. в хранилище ОЯТ произошла радиационная авария, в результате которой в воды губы Андреева и Баренцева моря вытекло около 700 тыс. тонн высокорadioактивной воды [7].

По мнению специалистов, склад ядерных отходов, содержащийся в условиях недостаточного финансирования, представляет серьезную опасность катастрофы, сравнимой по масштабам с аварией на Чернобыльской АЭС [9]. В 2017 г. в эксплуатацию был введен промышленный комплекс, предназначенный для извлечения ОЯТ из хранилищ базы. ОЯТ отправляется на

переработку в Челябинскую область на комбинат «Маяк».

В 1990 г. в России начали утилизировать первые АПЛ. Сайда-Губа в Кольском заливе стала площадкой для хранения вырезанных реакторных отсеков утилизируемых АПЛ. На протяжении более 10 лет этот объект оставался одним из наиболее радиационно опасных в Арктике. В 2004 г. в результате соглашения между Минатомом России и федеральным министерством экономики и труда Германии началось сооружение берегового хранилища реакторных отсеков. При создании уникальной системы транспортировки 40-тонных реакторных отсеков утилизированных подводных лодок были использованы немецкие опыт и технологии. Была сооружена металлобетонная плита-основание площадки хранилища, выполнены подводные работы по удалению грунта и подготовке «подушки» для посадки дока. Сегодня Сайда-Губа представляет собой современный комплекс по хранению реакторных отсеков. Здесь установлено на безопасное долговременное хранение около 80-ти реакторных отсеков.

РАО, образующиеся при эксплуатации АЭС и судов с ядерными энергетическими ЯЭУ, накапливаются для длительного хранения в специальных сооружениях при АЭС и на предприятиях, обслуживающих судовые ЯЭУ, расположенных на территории или вблизи соответствующих предприятий. ОЯТ с Кольской АЭС также хранится на станции, а затем отправляется на переработку на ПО «Маяк». Низкоактивные отходы с гражданских предприятий хранятся в специальных хранилищах в 30 километрах от Мурманска.

В результате эксплуатации военного и гражданского атомных флотов, базирующихся в Мурманской и Архангельской областях, ежегодно образуется до тысячи кубических метров твердых и 5 тысяч кубических метров жидких РАО. Доля высокоактивных отходов составляет не более 5-7%, а отходы с содержанием трансурановых

элементов практически отсутствуют. Примерно 85% от всего объема отходов образуются на судоремонтных предприятиях. Указанный уровень РАО удерживается последние двадцать лет [10, 11].

Большое количество накопленных в регионе РАО 3-4 класса опасности заставило задуматься о создании пунктов окончательной изоляции низкоактивных отходов. Решение о местоположении регионального радиоактивного могильника еще не принято, но рассматриваются площадки в Мурманской, Архангельской и Ленинградской областях. На них будут свозиться отходы со всего Северо-Запада.

Кроме того, ожидают утилизации надводные корабли с ЯЭУ, атомные ледоколы и суда атомно-технологического обслуживания. Все это повлечет увеличение объема РАО в регионе, создаст определенные радиоэкологические риски.

Другим источником ухудшения радиоэкологической обстановки в Арктическом регионе России, который следует особо отметить, являются надводные и подводные ядерные испытания на шельфе Баренцева и Карского морей. При этом основное беспокойство приносит ядерный полигон на Новой Земле, где уже проведено 132 ядерных взрыва, из них 86 — в атмосфере и 8 — в Баренцевом и Карском морях [8].

История военных Новоземельских испытаний делится на два этапа. Первый этап — с 1954 по 1963 гг. характеризуется мощными ядерными взрывами в атмосфере на высоте 3-10 км, а также над водой и под водой на глубинах до 100-200 м. Здесь были произведены самые сильные в мировой практике взрывы в 58 мегатонн (30.10.61 г.) и в 30 мегатонн (5.08.62 г.). В основном же мощность взрывов была порядка одной мегатонны. Еще в 1958, 1961 и 1962 гг. в атмосфере производили ежегодно не менее 30 взрывов, а иногда по 7-8 ежемесячно. Несколько мощных бомб (20-25 мегатонн) было взорвано в прибрежной зоне моря к западу и востоку от пролива Маточкин Шар. Во второй половине 1961 и 1962 гг.

произвели серию ядерных взрывов в открытом море [3].

После начала наземных испытаний отмечались значительные выпадения радиоактивных веществ в Мурманской области, Коми АССР и в других районах и населенных пунктах Севера. В районе Новой Земли ледокольные суда неоднократно попадали в районы с повышенным радиационным фоном. При воздушных ядерных взрывах в атмосферу и на поверхность океана попало значительное количество радионуклидов, состав которых отличается от состава РАО атомного производства. В основном это продукты деления, часть неразделившегося ядерного топлива, продукты активации нейтронами деления воздуха, воды, грунта, биоты.

При наземных ядерных взрывах мощностью в 1 Мт образуется радиоактивный след протяженностью в несколько сот километров. При этом оседает до 80% образовавшейся радиоактивной пыли [12]. В моменты ядерных взрывов или катастроф на АЭС уровни радиации за счет концентрации радионуклидов, особенно короткоживущих, значительно превышают так называемые среднемесячные и среднегодовые уровни. Часть загрязнения выпадает неподалеку от места испытания. Часть долгоживущих изотопов задерживается в нижнем слое атмосферы (тропосфере) и перемещается струями ветра на большие расстояния, постепенно выпадая на море и на суше.

Подавляющая часть радиоактивных осадков выпала в Северном полушарии, где проводилось большинство испытаний. Те люди, которые находились недалеко от испытательных полигонов, получили в результате значительные дозы облучения. Оленеводы и рыбаки в открытом море на Крайнем Севере получили дозу облучения от цезия-137 в 100-1000 раз превышающую среднюю индивидуальную дозу для остальной части населения [13].

Радионуклиды, выпадающие из атмосферы, постепенно накапливаются в почвенно-растительном покрове. В ходе накопления нуклидов происходит их

радиоактивный распад, миграция в глубь почвы и частичный смыв поверхностными водами в реки, озера и моря. Важные исследования специфической цепочки «лишайник — олень — человек» в районах Крайнего Севера России провела группа ленинградских ученых. Они изучали содержание и динамику свинца-210, полония-210, цезия-137 и стронция-90 в различных лишайниках, оленине, организме людей. В 1965-1966 гг. в Мурманской и Архангельской областях, Республики Коми, на Таймыре и Чукотке содержание цезия-137 в организме оленеводов было в 5 раз выше, чем в 1986 г., а по сравнению с жителями юга России — в 10-100 раз. Удельная активность стронция-90 в костной ткани оленеводов во много раз (до 60 раз) превышает аналогичные значения у людей, не связанных с оленеводством [5]. Доза внутреннего облучения за счет цезия-137 у коренного населения составляет основную долю искусственного облучения. Очень высокая смертность коренного населения во многом связана с раковыми опухолями кишечника и легких.

В СССР в период с 1965 по 1988 гг. в рамках секретной «Программы № 7» проводились мирные ядерные взрывы. Всего по оценкам специалистов было проведено от 124 до 169 мирных ядерных взрывов в интересах народного хозяйства (в том числе 117 — вне границ ядерных полигонов) [14]. При этом официально по данным ВНИИПромтехнология Минатома радиоактивное загрязнение территории произошло в 4 случаях (объекты «Кратон-3», «Кристалл», «Тайга» и «Глобус-1»). По данным ЦНИИАтоминформ Минатома к 1994 г. в 24 случаях из 115 остались «локальные надфоновые загрязнения вокруг скважин». С 1974 по 1987 гг. на территории Якутии было произведено 12 подземных мирных ядерных взрывов, в результате двух из них — «Кристалла» и «Кратона-3» — произошло загрязнение окружающей среды продуктами ядерного деления.

Достаточно мощным является загрязнение радионуклидами морей при различного рода захоронениях РАО. Многие морские организмы способны накапливать в себе радиоактивные вещества, даже если они находятся в очень низкой концентрации. Следует заметить, что некоторые радионуклиды свинца-210 и полония-210, поступают в организм с пищей. Они концентрируются в рыбе и моллюсках, поэтому люди, потребляющие много рыбы и других даров моря, могут получить относительно высокие дозы внутреннего облучения.

В 1960-70 х гг. затопление РАО в мировом океане было общепринято для стран, развивающих мирное и военное использование ядерной энергии. Первую такую операцию провели США в 1946 г. В Тихом океане, затопив твердые РАО низкой удельной активности (ОНУА) в 80 км от побережья Калифорнии [15]. В то время убежденность в безопасности этих операций была настолько большой, что активность и радионуклидный состав затапливаемых отходов надежно не измеряли и не фиксировали.

Вскоре к практике захоронения РАО присоединились и другие государства: Великобритания, затапливающая ОНУА в Северной Атлантике с 1949 г., Новая Зеландия и Япония, осуществлявшие такую деятельность вблизи своих берегов в Тихом океане с 1954-1955 гг., а затем с 1960 г. – Бельгия, избравшая для этой цели пролив Ла-Манш рядом с побережьем Франции, и другие страны. В 1959 г. США впервые затопили в Атлантическом океане корпус ядерного реактора, демонтированного с АПЛ «Сивулф».

В этом контексте Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) с 1957 г. начало разрабатывать методологию безопасного удаления РАО в моря. В 1975 г. вступила в силу международная Лондонская конвенция 1972 г., направленная на предотвращение чрезмерного загрязнения моря при затоплении отходов, которую дополнили рекомендации МАГАТЭ по обеспечению радиационной безопасности при проведении таких операций с РАО. Всего в 1948-1982 гг. затопление РАО

осуществляли 14 стран в 47 районах Атлантического и Тихого океанов [7].

В 1985 г. страны-участницы Лондонской конвенции, в основном под давлением «зеленого» движения, приняли решение о моратории – добровольной приостановке удаления РАО в моря. В 1993 г. страны-участницы Лондонской конвенции запретили затопление любых РАО в морях.

В 1959-1992 гг. в Арктике (в Баренцевом и Карском морях) затопление жидких и твердых радиоактивных отходов осуществляли сначала Советский Союз, а позднее и Российская Федерация. Россия удаляла в моря только жидкие и твердые РАО, образующиеся при эксплуатации АПЛ и атомных ледоколов. Затопление проводилось лишь в специально выбранных районах моря вне зон интенсивного судоходства и рыболовного промысла.

По опубликованным к настоящему времени данным на дне морей Западной Арктики находятся 3 АПЛ, 5 реакторных отсеков с корабельными и судовыми ЯЭУ, 19 судов, в том числе баржа с реактором, выгруженным из АПЛ, 735 радиоактивных конструкций и блоков, затопленных без герметичной упаковки, а также свыше 17 тыс. контейнеров с РАО [8, 15].

Специалисты считают, что нахождение на дне Арктики затопленных твердых РАО и затонувших АПЛ носит затяжной характер и представляет собой потенциальную опасность, которая с каждым годом возрастает. Такой вид угрозы может существовать десятки и сотни лет.

По степени потенциальной радиационной опасности для населения и окружающей среды затопленные объекты можно разделить на две группы: объекты с ядерным топливом и РАО. Наибольшей потенциальной опасностью обладают объекты, содержащие делящиеся вещества (ядерное топливо). Некоторые из них могут иметь массу топлива, превышающую критическую, что теоретически при определенных условиях не исключает возможности возникновения самопроизвольной цепной

реакции и выброса большого количества радионуклидов в окружающую среду. К таким ядерно-опасным объектам относятся три АПЛ и два реакторных отсека с ОЯТ: реактор АПЛ заказа №421 с ОЯТ и специальный контейнер с экранной сборкой, содержащей часть ОЯТ реактора №2 первой ЯЭУ ОК-150 атомного ледокола «Ленин».

В ОЯТ и внутренних конструкциях реактора определяющими источниками ионизирующих излучений являются бета-гамма-активные продукты деления урана, активационные радионуклиды и альфа-активные трансураниевые элементы (актиноиды), в частности плутоний и америций. Наибольшая активность удаленных РАО в Карское море пришлась на 1967 г. – около 26 ПБк (примерно 700 кКи). К настоящему времени в результате радиоактивного распада она уменьшилась в несколько раз и не превышает 4 ПБк (примерно 110 кКи).

Результаты многочисленных российских и международных морских экспедиций, проведенных в последние десятилетия в районах гибели АПЛ и затопления РАО, свидетельствуют, что реальная радиоэкологическая обстановка в этих местах не отличается от фоновой. Значимого влияния затопленных объектов на радиоэкологическую обстановку в арктическом регионе в целом не выявлено. Содержание техногенных радионуклидов в морской воде, донных отложениях и гидробионтах Норвежского, Баренцева и Карского морей обусловлено глобальными радиоактивными выпадениями и сбросами ЖРО с западноевропейских заводов по переработке ОЯТ [16, 17].

Морские исследования непосредственно в районах затоплений твердых РАО в Карском море выявили участки повышенного – в десятки и сотни раз по сравнению с фоном – содержания техногенных радионуклидов в донных отложениях вблизи (на удалении до нескольких десятков метров) затопленных объектов в заливах Абросимова, Степового и Цивольки восточного побережья Новой Земли, что вызвано вымыванием радионуклидов из

контейнеров. Наблюдения показали, что стенки контейнеров подверглись значительной коррозии и потеряли герметичность. Вблизи затопленных объектов с ядерным топливом подобных утечек радиоактивных веществ за их пределы не обнаружено [15].

Реабилитация морской акватории, которая может быть связана с извлечением нескольких тысяч разрушающихся металлических контейнеров с твердыми РАО, локально загрязняющих среду, является крайне дорогостоящей и трудоемкой процедурой, и не исключает дополнительного выхода техногенных радионуклидов в морскую среду при подъеме контейнеров.

В то же время по причине потенциальной опасности в первую очередь следует обратить внимание на затопленные объекты с ОЯТ, в том числе АПЛ «К-27», защитные барьеры которых по предварительным оценкам еще находятся в удовлетворительном состоянии, а также на затонувшие АПЛ «Комсомолец» и «К-159». Эти объекты представляют наибольшую угрозу радиоактивного загрязнения морской среды в связи с тем, что содержат большое количество делящегося ядерного материала, бесконтрольное хранение которого в современных условиях запрещено.

По предварительным данным руководителя проектного офиса «Комплексная утилизация АПЛ» ГК «Росатом» А.Захарчева, проект по подъему затопленной в 1980-х гг. в Карском море у берегов Новой Земли аварийной АПЛ К-27 может стоить около 50 (плюс-минус 10-15) миллионов долларов. Эти оценки весьма приблизительны и рассчитаны, исходя из того, что операция по подъему АПЛ «Курск» стоила около 100 миллионов долларов. Учитывая, что по тоннажу АПЛ К-27 в шесть раз меньше, и глубина, на которой она лежит, также значительно меньше, специалист отмечает, что о точной стоимости подъема этой лодки говорить слишком рано, поскольку детальный проект этого мероприятия еще не подготовлен [18].

К-27 — советская АПЛ (проект 645 ЖМТ) с жидким металлом в качестве теплоносителя. Вступила в строй 1 апреля 1962 г. В 1964 г. совершила рекордное автономное плавание в воды Центральной Атлантики, побив рекорды по дальности автономного похода и длительности подводного плавания. 24 мая 1968 г. на лодке произошла радиационная авария, в которой пострадал весь экипаж, погибло девять человек. После этого корабль был законсервирован, а в 1979 г. — исключен из состава ВМФ СССР. В начале 1980-х гг. лодка была затоплена в Карском море у северо-восточного побережья архипелага Новая Земля.

Рассуждая о перспективе возможного подъема АПЛ «Комсомолец», которая затонула в Норвежском море в 1989 году, А. Захарчев отметил, что «этот вопрос очень тяжелый», поскольку лодка лежит на глубине почти 1,7 тысячи метров. Он напомнил, что в свое время была неудачная попытка поднять всплывающую камеру лодки. По его мнению, в ближайшие 10 лет операция по подъему «Комсомольца» осуществить не удастся, но все будет зависеть от объема финансирования, возможностей государства и международной коалиции, на данный момент необходимо двигаться от простого к сложному, и первым этапом будет подъем К-27.

Извлечение судов с твердыми РАО — не менее радиоэкологически опасное мероприятие в связи с возможностью залпового выхода радиоактивных веществ в морскую среду при подъеме, хотя более обнадеживающее, чем подъем контейнеров с твердыми РАО. Из всех затопленных объектов с РАО наименее перспективным является подъем объектов без ОЯТ в связи с их наименьшей относительной радиоэкологической опасностью, за исключением «Лихтера-4» с двумя реакторами АПЛ заказа №538 и реакторного отсека ледокола «Ленин» с тремя реакторными установками.

Анализ существующих российских технологий подъема затопленных объектов свидетельствует об ограниченности возможности их применения для извлечения ядерных и

радиационно-опасных объектов с морских глубин по следующим причинам:

- подъем возможен только с небольших глубин;
- для подъема необходимо участие водолазов-глубоководников;
- техническое состояние объектов, находящихся под водой в течение 20-40 лет, неизвестно;
- подъем и транспортировка объектов должны ограничиваться минимальными сроками в силу сложности погодных условий региона.

На сегодняшний день неопределенным остается правовой статус затопленных радиационно опасных объектов, не определен федеральный орган власти, ответственный за координацию подобных работ, не принята комплексная программа, обеспечивающая полное решение рассматриваемой проблемы, не разработана нормативно-правовая база в области загрязнения морской среды радиоактивными материалами, не определены источники финансирования научных, проектно-конструкторских и практических работ по реабилитации арктических морей от радиационного загрязнения. Также необходимо провести дополнительные специальные научные исследования. Они должны включать в себя исследования состояния корпусных конструкций, положения объектов на грунте, характера и скорости коррозии защитных барьеров, и т.д. Важно провести современное моделирование всех этих процессов, а кроме того — расчет трудоемкости и стоимости подъема, транспортировки, утилизации этих объектов и связанных с ними рисков.

Таким образом, одну из главных на настоящее время опасностей представляют последствия эксплуатации «ядерного наследия» атомного флота СССР/России. Очистка Арктических морей от затопленных радиационно опасных объектов до сих пор остается важнейшей проблемой, решение которой возможно только на международном уровне.

Особое внимание в проблеме радиоэкологической безопасности

Арктического региона занимают радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГи), разработанные в качестве автономных источников электропитания для использования в труднодоступных районах. РИТЭГи содержат радиоактивные изотопы и применялись в регионе в качестве источников питания навигационного оборудования, знаков и маяков и др.

Вдоль всего арктического побережья СССР было в разное время установлено 1007 РИТЭГов, что представляло высокую потенциальную угрозу радиоактивного загрязнения Арктики: суммарный радиационный потенциал этих опасных объектов был достаточно высок. К РИТЭГам привлечено широкое внимание российской и международной общественности в связи с их потенциальной опасностью для населения и окружающей среды. Все РИТЭГи уже выработали свой срок и должны быть утилизированы. Необходимость их утилизации подтверждается постоянно происходящими с РИТЭГами радиационными инцидентами. Вопреки законам России о радиоактивной безопасности, доступ посторонних лиц ко многим РИТЭГам не ограничен.

В настоящее время из 1007 РИТЭГов 992 демонтированы и более 85% их утилизированы, однако некоторые установки были утеряны и местонахождение их неизвестно.

Поступление РАО с западноевропейских радиохимических заводов (в основном, в Ирландское море с английского завода Селлафилд и в пролив Ла-Манш с французского радиохимического завода на мысе Аг) оказало заметное влияние на техногенную радиоактивность южных частей Баренцева и Карского морей. Максимальные объемы сброса отходов происходили в 1974–1978 гг. Время переноса водных масс от Ирландского до Баренцева и Карского морей составляет 5–6 лет. Поэтому повышенное содержание техногенных радионуклидов в арктических морях наблюдалось в начале 1980-х гг. В этот период концентрация Cs-

137 в южной части Баренцева моря в 5–6 раз превышала фоновый уровень [17]. Влияние слива жидких РАО Селлафилда было выявлено также в водах Белого моря и в Северном Ледовитом океане. В результате мер по дополнительной очистке, внедренных на заводе Селлафилд, сброс радиоактивно-загрязненных вод в Ирландское море к 2000 г. уменьшился на два порядка по сравнению с серединой 1970-х гг.

Реки Обь и Енисей в течение 1950–1990 гг. систематически загрязнялись прямыми сбросами предприятий атомной промышленности. Радиоактивные сбросы от установок ПО «Маяк» и Сибирского химического комбината поступали в водосборный бассейн реки Обь, а отходы от Красноярского горно-химического комбината сбрасывались прямо в реку Енисей. В конечном итоге они перемещаются в Карское море. Возможно, наибольшие сбросы по Sr-90 (50–180 Бк/м³) в реку Обь были до 1960 г., в результате деятельности ПО «Маяк» с 1949–1956 гг. [19]. В зоне так называемого маргинального фильтра, где происходит смешение речных и морских вод, вследствие воздействия разнообразных сорбентов и биофильтрации из воды оседают на дно почти все взвешенные вещества.

Специфика радиоэкологии Карского моря проявляется в стоке радиоактивного загрязнения по западносибирским рекам. Это стало очевидным после исследований Техасского университета в кооперации с российским Министерством по окружающей среде и ресурсам летом 1993 г. Результаты этих работ показали, что в Енисейской губе существует большая зона загрязнения донных осадков (длина приблизительно 140 км, рыхлые отложения в верхних 2-х см содержат около 50–70 Бк/кг Cs-137). Эти данные были подтверждены экспедицией ММБИ КНЦ РАН осенью того же года на НИС «Дальние Зеленцы». Результаты анализов мурманской экспедиции показали, что в Карском море происходило длительное накопление РАО из большинства российских заводов ядерной промышленности в бассейне Енисея [20].

Также дополнительную радиационную нагрузку в регионе создает добыча и переработка естественно-радиоактивного сырья. Острая экологическая ситуация сложилась на Кольском полуострове в районах размещения Ловозёрского и Ковдорского горно-обогатительных комбинатов, где высокая концентрация промышленности приводит к быстро прогрессирующему ухудшению качества среды и негативному воздействию на здоровье населения, поскольку содержание радиоактивных веществ в руде и полупродуктах находится вблизи границы интервала активностей, требующих специальной организации работ.

Заключение. Одна из необходимых и обязательных составляющих успешного развития, как государства, так и региона в XXI веке – это обеспечение экологической безопасности. Фундаментальные и прикладные научные исследования в Арктическом регионе имеют существенное значение для изучения глобальных процессов на Земле, а также для рационального, экологически безопасного использования богатейших природных ресурсов Арктики. Важными составляющими экологической безопасности являются ядерная и радиационная безопасность.

Однако мы видим, что Арктический регион испытывал и продолжает нести значительную радиационную нагрузку, связанную с хозяйственной и военной деятельностью. Кроме того, к уже действующим источникам радиоактивного загрязнения территорий и акваторий может присоединиться еще один. В настоящее время на побережье Арктики в районе города Певек Чукотского автономного округа ведется сооружение инфраструктуры для плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) малой мощности, которая предназначена для обеспечения электрической и тепловой энергией населения прибрежных районов и расположенных там предприятий. В процессе работы ПАТЭС территории и акватория, входящие в зону влияния станции, будут испытывать

радиационное, тепловое и механическое воздействия, что негативно скажется на чувствительных арктических экосистемах.

Кроме того, нельзя забывать, что Арктика является климатоформирующим регионом планеты, поэтому состояние окружающей среды в Арктике является одновременно и важным индикатором глобальных изменений, которые проявляются в этом регионе наиболее значимо.

В последние десятилетия в Арктике происходят серьёзные изменения. Усилившийся поток теплого воздуха из низких широт привёл к увеличению приземной температуры воздуха. Наблюдается одновременно уменьшение площади льда и его толщины. В целом по данным исследований температура в Арктике повышается быстрее, чем в остальном мире. Это может привести к вымиранию многих видов растительности и животных в регионе. Потепление ставит под угрозу существование коренных народов Арктики — уклад их жизни напрямую зависят от растительного и животного мира. К сожалению, сейчас не ведется никаких прогнозных исследований на предмет того, как потепление в этом регионе повлияет на радиационный фактор, как поведут себя потенциальные источники радиоактивного загрязнения в новых климатических условиях.

Также важно подчеркнуть, что при разработке различных проектов в арктическом регионе и проведении экспертизы проектной документации необходимо учитывать вопросы радиоэкологии в силу специфики региона.

Обеспечение ядерной и радиационной безопасности в принципиальном плане является доминирующей в проблеме экологической безопасности, социально-политической и экономической стабильности общества. Ограничение радиационного воздействия на окружающую среду, минимизация последствий произошедших ранее радиационных аварий и катастроф, качественное совершенствование

системы обеспечения ядерной и радиационной безопасности в Арктическом регионе относятся к числу приоритетных в совместной деятельности государства и общественности в экологической сфере. Этому в главной мере должны способствовать подготовка высококвалифицированных специалистов, развитие научных исследований, создание и продвижение инноваций в этой области.

Список литературы:

1. Богучарсков В.Т. История географии. Учебное пособие. — Саратов: Вузовское образование, 2017. — 522 с. — (Высшее образование).

2. В.И. Кашин: «Законодательное обеспечение развития и освоения Арктики». URL: <https://kprf.ru/activity/ecology/152270.html> (Дата обращения: 02.02.2019).

3. Кузнецов В.М., Назаров А.Г. Радиационное наследие холодной войны: опыт историко-научного исследования. М.: Ключ-С, 2006. 720 с.

4. Кузнецов В.М. «Российская атомная энергетика. Вчера, сегодня, завтра. Взгляд независимого эксперта». Москва, 2000 г. 286 с.

5. Хвостова М.С. История изучения естественной и искусственной радиоактивности природных объектов России: автореферат дис. ... кандидата географических наук: 07.00.10 / Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. - Москва, 2006. - 32 с.

6. Романенко Ф. Острова уранового ГУЛАГа в Восточной Арктике. URL: <https://history.wikireading.ru/308340> (Дата обращения: 04.02.2019).

7. Ларин В.И. Русские атомные акулы. - М.: КМК. 2005. - 380 с.

8. Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П., Высоцкий В.Л., Губин и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию: радиэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и дальневосточные моря («Белая книга-2000»). - М., ИзДАТ, 2005г. 624 с.

9. Губа Андреева: бывшая береговая техническая база Северного флота URL: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2016/11/ANDREEVA_GUBA_site.pdf (Дата обращения: 06.02.2019).

10. Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Билашенко В.П. и др. Ожидаемые радиационные и радиэкологические последствия эксплуатации плавучих атомных теплоэлектростанций. // Атомная энергия. Т.104. Вып. 3. Март 2008. С.178-187.

11. Хвостова М.С. Влияние радиационно-опасных объектов военно-морского и гражданского флотов на радиационно-экологическую обстановку Северо-Запада Российской Федерации // Двойные технологии. 2015. № 4 (73) С.24-29.

12. Вопросы ядерной метеорологии. Сборник статей под ред. И.А.Кароля, С.Г. Малахова. М. Госатомиздат, 1962.

13. Рамзаев П.В. и др. Оценка радиационной обстановки и состояние здоровья населения районов, прилегающих к Новоземельскому испытательному полигону. Отчет о НИР. Санкт-Петербургский НИИРГ, 1992. – 142 с.+приложения.

14. Испытание ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990. Под ред. В.Н. Михайлова. Саров. РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996.- 66.

15. Саркисов А.А., Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Москва. ИБРАЭ РАН. 2009. 82 с.

16. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Кондаков А.А. и др. Международная (американо-норвежско-российская) экологическая экспедиция в Печорское море, на Новую Землю, Колгуев, Вайгач, Долгий в июле 1992 г. (НИС “Дальние Зеленцы”): Препр. Апатиты, 1992. 32 с.

17. Поликарпов Г.Г. Введение. Научная значимость проблемы // Загрязнение морей вокруг побережья СНГ, преимущественно Арктики. Ч.1: Материалы международной конференции. Архангельск, 19-23 июля, 1993.- Севастополь, 1993. С. 11-13.

18. Выступление А.Захарчева // 25 пленарное заседание КЭГ МАГАТЭ,

семинар «Экономика обращения с ОЯТ: переработка и непосредственная изоляция», 6-7 октября 2011 г., Швеция. URL: <http://news.mail.ru/politics/7002307/> (Дата обращения: 16.12.2018).

19. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2001.- 417 с.

20. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Щипа Е., Риссанен К. Радионуклиды в экосистеме регион Баренцева и Карского морей. Апатиты: Кольский филиал РАН. 1994.- 237 с.

References:

1. Bogucharskov V.T. Istoriya geografii. Uchebnoe posobie. — Saratov: Vuzovskoe obrazovanie, 2017. — 522 s. — (Vysshee obrazovanie).

2. V.I. Kashin: «Zakonodatelnoe obespechenie razvitiya i osvoeniya Arktiki». URL: <https://kprf.ru/activity/ecology/152270.html> (Data obrasheniya: 02.02.2019).

3. Kuznecov V.M., Nazarov A.G. Radiacionnoe nasledie holodnoj vojny: opyt is-toriko-nauchnogo issledovaniya. M.: Klyuch-S, 2006. 720 s.

4. Kuznecov V.M. «Rossijskaya atomnaya energetika. Vchera, segodnya, zavtra. Vzglyad nezavisimogo eksperta». Moskva, 2000 g. 286 s.

5. Hvastova M.S. Istoriya izucheniya estestvennoj i iskusstvennoj radioaktivnosti prirodnyh obektov Rossii: avtoreferat dis. ... kandidata geograficheskikh nauk: 07.00.10 / In-t istorii estestvoznaniya i tehniki im. S. I. Vavilova RAN. - Moskva, 2006. - 32 s.a.

6. Romanenko F. Ostrova uranovogo GULAGa v Vostochnoj Arktike. URL: <https://history.wikireading.ru/308340> (Data obrasheniya: 04.02.2019).

7. Larin V.I. Russkie atomnye akuly. - M.: KMK. 2005. - 380 s.

8. Sivincev Yu.V., Vakulovskij S.M., Vasilev A.P., Vysockij V.L., Gubin i dr. Tehnogennye radionuklidy v moryah, omyvayushih Rossiyu: radioekologicheskie posled-stviya udaleniya radioaktivnyh othodov v Arkticheskie i dalnevostochnye morya («Belaya kniga-2000»). - M., IzdAT, 2005g. 624 s.

9. Guba Andreeva: byvshaya beregovaya tehniceskaya baza Severnogo flota URL: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2016/11/ANDREEVA_GUBA_site.pdf (Da-ta obrasheniya: 06.02.2019).

10. Sarkisov A.A., Vysockij V.L., Bilashenko V.P. i dr. Ozhidaemye radiacionnye i radioekologicheskie posledstviya ekspluatacii plavuchih atomnyh teploelektrostantsij. // Atomnaya energiya. T.104. Vyp. 3. Mart 2008. S.178-187.

11. Hvastova M.S. Vliyanie radiacionno-opasnyh obektov voennomorskogo i grazhdanskogo flotov na radiacionno-ekologicheskuyu obstanovku Severo-Zapada Rossij-skoj Federacii // Dvojnye tehnologii. 2015. № 4 (73) S.24-29.

12. Voprosy yadernoj meteorologii. Sbornik statej pod red. I.A.Karolya, S.G. Malahova. M. Gosatomizdat, 1962.

13. Ramzaev P.V. i dr. Ocenka radiacionnoj obstanovki i sostoyanie zdorovya nase-leniya rajonov, prilegayushih k Novozemelskomu ispytatelnomu poligonu. Otchet o NIR. Sankt-Peterburgskij NIIRG, 1992. – 142 s.+prilozheniya.

14. Ispytanie yadernogo oruzhiya i yadernye vzryvy v mirnyh celyah SSSR. 1949-1990. Pod red. V.N. Mihajlova. Sarov. RFYaC-VNIIEF, 1996.- 66.

15. Sarkisov A.A., Sivincev Yu.V., Vysockij V.L., Nikitin V.S. Atomnoe nasledie holodnoj vojny na dne Arktiki. Moskva. IBRAE RAN. 2009. 82 s.

16. Matishov G.G., Matishov D.G., Kondakov A.A. i dr. Mezhdunarodnaya (amerikano-norvezhsko-rossijskaya) ekologicheskaya ekspediciya v Pechorskoe more, na Novuyu Zemlyu, Kolguev, Vajgach, Dolgij v iyule 1992 g. (NIS “Dalnie Zelency”): Prepr. Apatity, 1992. 32 s.

17. Polikarpov G.G. Vvedenie. Nauchnaya znachimost problemy // Zagryaznenie morej vokrug poberezhya SNG, preimushestvenno Arktiki. Ch.1: Materialy mezhdunarodnoj konferencii. Arhangel'sk, 19-23 iyulya, 1993.- Sevastopol, 1993. S. 11-13.

18. Vystuplenie A.Zaharcheva // 25 plenarnoe zasedanie KEG MAGATE, seminar «Ekonomika obrasheniya s OYaT: pererabotka i neposredstvennaya

izolyaciya», 6-7 oktyabrya 2011 g.,
Shveciya. URL:
<http://news.mail.ru/politics/7002307/> (Data
obrasheniya: 16.12.2018).

19. Matishov D.G., Matishov G.G.
Radiacionnaya ekologicheskaya
okeanologiya. Apati-ty: izd. KNC RAN,
2001.- 417 s.

20. Matishov G.G., Matishov D.G.,
Shipa E., Rissanen K. Radionuklidy v
ekosisteme region Barenceva i Karskogo
morej. Apatity: Kolskij filial RAN. 1994.-
237 s.