

Приоритетные проекты программы реабилитации арктических морей от затопленных и затонувших ядерных и радиационно опасных объектов и необходимость международного сотрудничества

А. А. Саркисов, академик,
С. В. Антипов, доктор технических наук,
В. Л. Высоцкий, доктор технических наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ РАН)

Приведено общее состояние проблемы, связанное с последствиями затопления ядерных, радиационно опасных объектов и гибелью атомных подводных лодок (АПЛ) в Мировом океане. Представлены данные об остаточной активности затопленных твердых радиоактивных отходов (ТРО) и объектов с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). На основании радиоактивного загрязнения донных отложений залива Степового показано, что в настоящее время радиозэкологическая обстановка в Арктическом регионе формируется техногенными радионуклидами, поступившими в результате разрушения контейнеров с ТРО. Дан прогноз радиационно-технического состояния затопленных и затонувших объектов с ОЯТ, приведены периоды и интенсивность поступления радионуклидов в морскую воду. Обозначено потенциальное влияние объектов с ОЯТ и ТРО на освоение шельфа Карского моря при расширенной добыче углеводородов. Определены объекты, рекомендуемые к подъему и утилизации с учетом их потенциальной опасности, технических возможностей подъема и утилизации, а также международной заинтересованности в экономическом освоении Арктики. Представлены организационно-технические вопросы и вопросы международного сотрудничества.

Ключевые слова: затопление, гибель, подъем, утилизация, ядерный объект, радиационно опасный объект, твердые радиоактивные отходы, отработавшее ядерное топливо, техногенные радионуклиды, радиозэкологическая обстановка, международное сотрудничество и пр.

Поступила в редакцию 21.11.2012

Состояние проблемы

Основной источник долгоживущих радиоактивных отходов, накопленных на планете, — создание первых образцов ядерного оружия и развернувшаяся главным образом во второй половине XX в. гонка ядерных вооружений в США и СССР. Примкнувшие к ним позднее Великобритания, Франция и Китай накопили существенно меньше ядерных зарядов, чем две супердержавы, и оказали относительно незначительное радиационное воздействие на окружающую среду.

Многолетняя эксплуатация промышленных ядерных реакторов в США и СССР, а также военных атомных флотов привела к появлению большого

количества техногенных радиоактивных веществ. В результате затопление радиоактивных отходов в Мировом океане со второй половины 1940-х годов как наименее дорогостоящая процедура стало общепринятым для стран, развивающих мирное и военное использование ядерной энергии. Первыми такую операцию провели в 1946 г. США в северо-восточной части Тихого океана, затопив твердые отходы низкой удельной активности (ОНУА) в 80 км от побережья Калифорнии.

Вскоре к этому способу захоронения радиоактивных отходов (РАО) прибегли и другие государства: Великобритания стала затоплять ОНУА

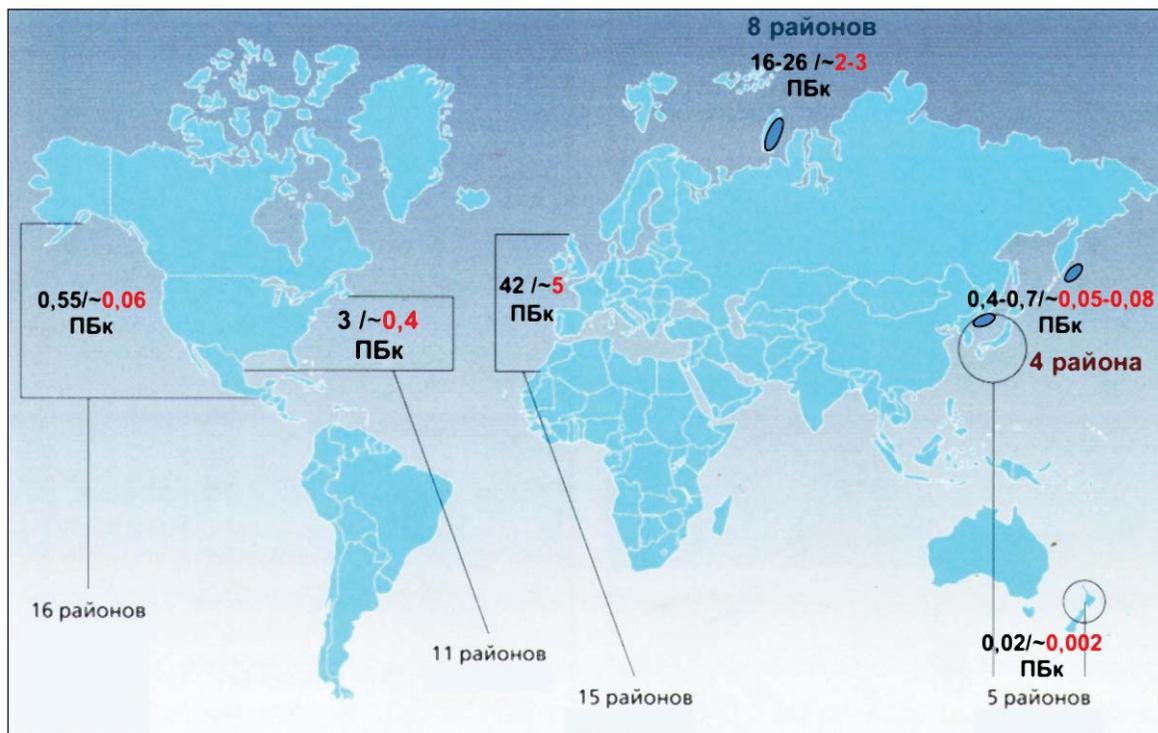


Рис. 1. Районы и активность (исходная / в 2010 г.) твердых радиоактивных отходов, затопленных в Атлантике и Тихом океане по данным МАГАТЭ [1] и СССР/России [2] в Арктике, Японском море и северо-западной части Тихого океана

в Северной Атлантике с 1949 г., Новая Зеландия — с 1954 г., Япония — с 1955 г. (вблизи своих берегов в Тихом океане), а затем с 1960 г. — Бельгия, избравшая для этой цели пролив Ла-Манш рядом с побережьем Франции, и многие другие страны. В 1959 г. США впервые затопили в Атлантическом океане корпус ядерного реактора, демонтированного с АПЛ «Сивулф».

Не удивительно, что уже в 1957 г. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) начало разрабатывать методологию безопасного удаления радиоактивных отходов в моря, а в 1975 г. вступила в силу международная Лондонская конвенция 1972 г., направленная на предотвращение чрезмерного загрязнения моря при затоплении отходов, которую дополняли рекомендации по обеспечению радиационной безопасности при проведении таких операций с ОНУА.

Всего в 1946—1982 гг. (в основном во время действия Лондонской конвенции) затопление радиоактивных отходов осуществляли 12 стран в 47 районах Тихого и Атлантического океанов. По обобщенным данным первой инвентаризации, выполненной экспертами МАГАТЭ в 1991 г. [1], за указанные 36 лет в морях Мирового океана было затоплено около 46 ПБк радиоактивных отходов без учета вклада СССР.

Подавляющая их часть приходится на северо-западную Атлантику. Здесь в 15 районах было затоплено около 42 ПБк, главным образом за счет твердых ОНУА, удаленных Великобританией (77,5%).

В Тихом океане доминирует доля отходов США (97%). В Дальневосточном регионе, кроме упомянутых Новой Зеландии и Японии затопление ра-

диоактивных отходов производила также Южная Корея вблизи своего побережья в Японском море.

В 1993 г. страны-участницы Лондонской конвенции, ссылаясь на недостаточную изученность радиоэкологических последствий, договорились о запрете затопления любых РАО в морях. С этого времени такого же подхода твердо придерживается и Россия.

Однако к этому периоду СССР/Россией (в основном в 1960—1980-х годах) были осуществлены в Арктике сбросы твердых отходов военного и ледокольного атомных флотов по различным оценкам активностью от 16 до 26 ПБк, а в Дальневосточном регионе — от 0,4 до 0,7 ПБк.

Затопление отходов высокой удельной активности не проводили ни зарубежные страны, ни Россия. Районы захоронения ТРО и их активность на момент затопления и по состоянию на 2010 г. представлены на рис. 1. Спад активности ТРО, затопленных СССР/Россией в Арктике, приведен на рис. 2 [2].

Из данных, приведенных на рис. 1, видно, что вклад СССР/России в морское захоронение ТРО составляет примерно 50% активности, затопленной всеми зарубежными странами. При этом более 95% из них приходится на северо-западную часть Арктики — Карское море.

Характерно (см. рис. 2), что на общем спадающем пьедестале, который обусловлен радиоактивным распадом радионуклидов, имеются локальные максимумы. Они связаны с захоронениями реакторных отсеков (РО), контейнера, содержащего экранную сборку с ОЯТ ледокола «Ленин», РО без ОЯТ, АПЛ и пр. Наибольшая активность

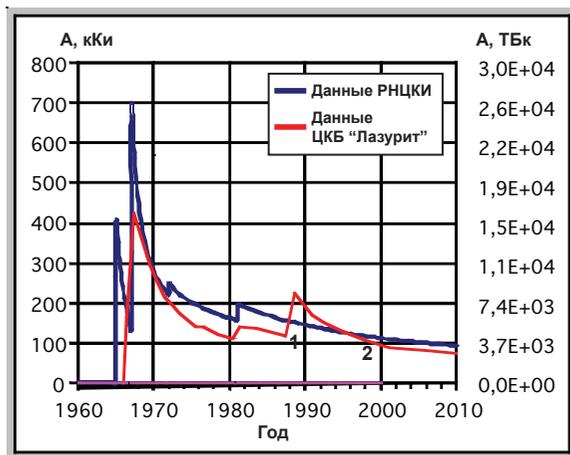


Рис. 2. Спад активности ТРО, затопленных в Арктике, по данным РНЦ «Курчатовский институт» (1 – с учетом коротко- и долгоживущих нуклидов) и проекта 101 МНТЦ (2 – с учетом только долгоживущих нуклидов) [3]

затопленных ТРО приходилась на 1968 г. — около 26 ПБк по данным МАГАТЭ и РНЦ «Курчатовский институт» и около 16 ПБк по оценкам международного проекта МНТЦ-101 [3].

Примерно через три года после затопления в 1968 г. объектов активность снизилась в два раза и по прогнозу в 2010 г. составляла примерно 2,6—3,3 ПБк (оценки МАГАТЭ, РНЦ «Курчатовский институт» и МНТЦ-101), а в 2050 г. будет соответствовать примерно 1 ПБк.

Отличительной особенностью затоплений объектов с ТРО и ОЯТ включая АПЛ «К-27», проведенных в 1960—1980-х годах СССР/Россией в интересах обеспечения безопасности Арктического региона и прилегающих стран, является захоронение отходов во внутреннем Карском море и внутренних заливах (не менее 70%) архипелага Новая Земля. Такой способ, как предполагалось,

практически полностью должен ограничить выход радионуклидов в открытую часть моря после разрушения в первую очередь контейнеров с ТРО, что и было подтверждено на практике, а Новоземельская впадина, глубина которой составляет 300—400 м, окруженная со всех сторон мелководьем (50—100 м), должна в течение всего времени выполнять функцию подводной «ловушки» для них (табл. 1, рис. 3 и 4).

Ко второй группе наиболее опасных российских объектов с ОЯТ в Арктике относятся затонувшие на относительно небольших глубинах в различные годы АПЛ «Комсомолец» и «К-159», а на больших глубинах в Атлантике — АПЛ «К-8» и «К-219» (рис. 5 [2]).

Всего в западной части Арктики аварийно затонули две и специально затоплена одна АПЛ СССР/России. На дне находятся пять реакторных отсеков с корабельными и судовыми ЯЭУ с ОЯТ и без него, 19 судов с ТРО, 735 конструкций и блоков ядерных энергетических установок (ЯЭУ), загрязненных радиоактивными веществами, без герметичной упаковки и примерно 17 тыс. контейнеров с ТРО.

Активность объектов по состоянию на 2000 г. оценивалась таким образом: с ОЯТ — примерно 14 ПБк, с ТРО — примерно 3 ПБк. По активности доминируют АПЛ «К-159», «Комсомолец» и экранная сборка атомного ледокола «Ленин» (табл. 2 [2]).

Прогноз радиационно-технического состояния объектов

В настоящее время из перечисленных выше затопленных объектов не все представляют радиэкологическую опасность. Из рассмотрения следует исключить 735 конструкций и блоков ЯЭУ, загрязненных радиоактивными веществами, затопленных без герметичной упаковки (через три-пять

Таблица 1. Затопленные ТРО в заливах архипелага Новая Земля и Карском море [2]

Район затопления	Количество контейнеров	Активность ТРО в контейнерах		Количество реакторов	
		ТБк	кКи	с ОЯТ	без ОЯТ
Новоземельская впадина	4824	112,1	3,03	1	—
Залив Течений	194	15,9	0,43	—	2
Залив Благополучия	992	7,7	0,21	—	—
Залив Ога	2190	64,0	1,73	—	—
Залив Цивольки	5242	53,3	1,44	~0,5	3
Залив Степового	1917	28,1	0,76	2	—
Залив Абросимова	646	16,7	0,45	3	5
Залив Седова	1100	111,8	3,03	—	—
Всего	17105	409,6	11,07	6,5	10

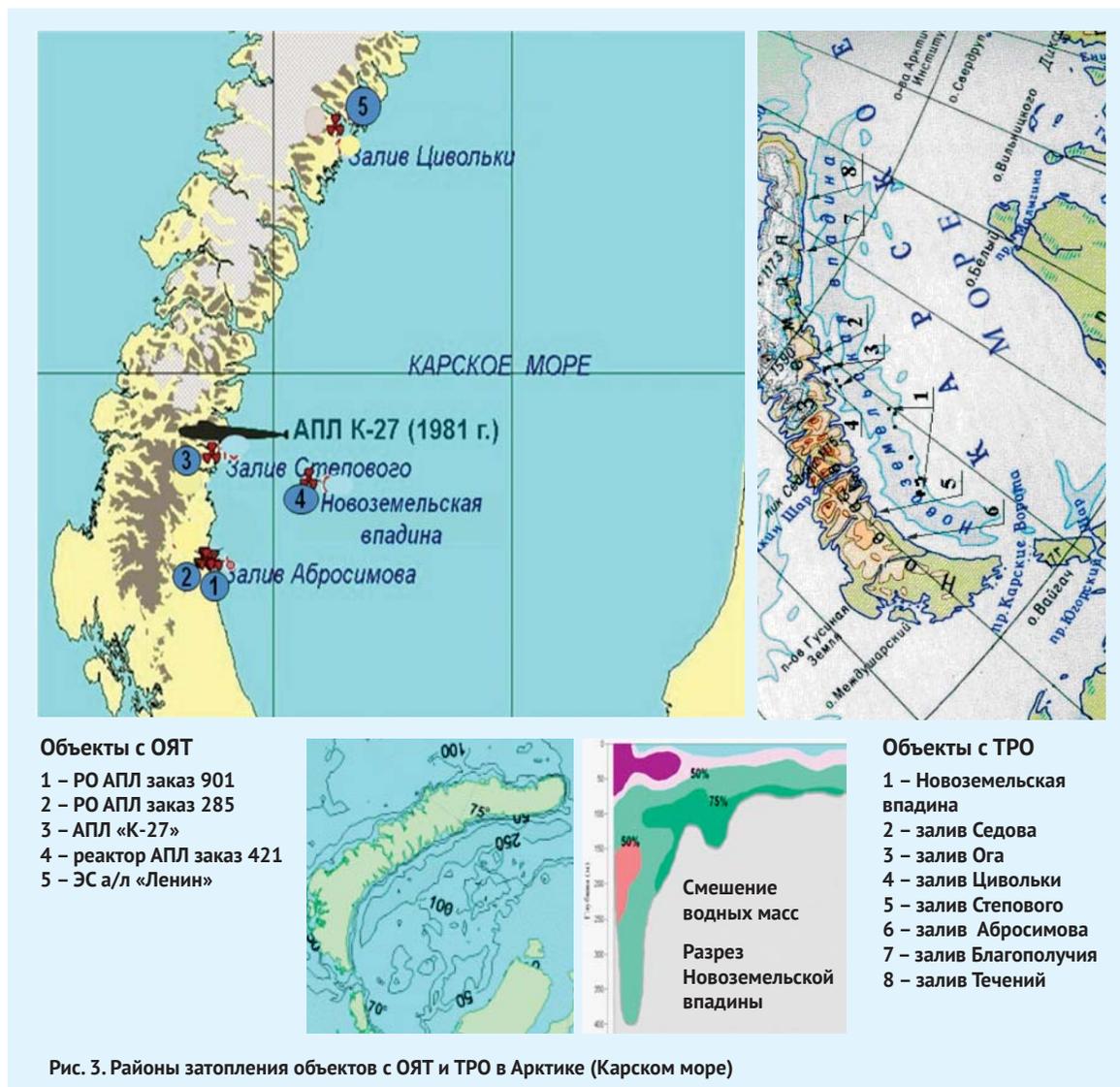


Таблица 2. Активность затонувших/затопленных объектов с ОЯТ по состоянию на 2000 г.

Объект	Год завершения эксплуатации, затопления	Район затопления	Актив-ность, ПБк	Вклад, %
Атомная подводная лодка: «К-159» (затонула на 246 м) «Комсомолец» (затонула на 1685 м) «К-27» (затоплена на 33 м)	1989 (2003) 1989 (1989) 1968 (1981)	Баренцево море Норвежское море Залив Степового	6,6 3,6 0,8	47 25 6
Реакторный отсек атомной подводной лодки: заказ № 901 (затоплен на 20 м) заказ № 285 (затоплен на 20 м)	1961 (1965) 1964 (1966)	Залив Абросимова Залив Абросимова	0,8 0,6	5 4
Реактор АПЛ заказ № 421 (затоплен на 300 м)	1968 (1972)	Новоземельская впадина	0,2	2
Экранная сборка второго реактора ЯЭУ ОК-150 ледокола «Ленин» (затоплена на 50 м)	1966 (1967)	Залив Цивольки	1,6	11
Всего 7 объектов с ОЯТ	1965—2003	Карское море	14,2	100

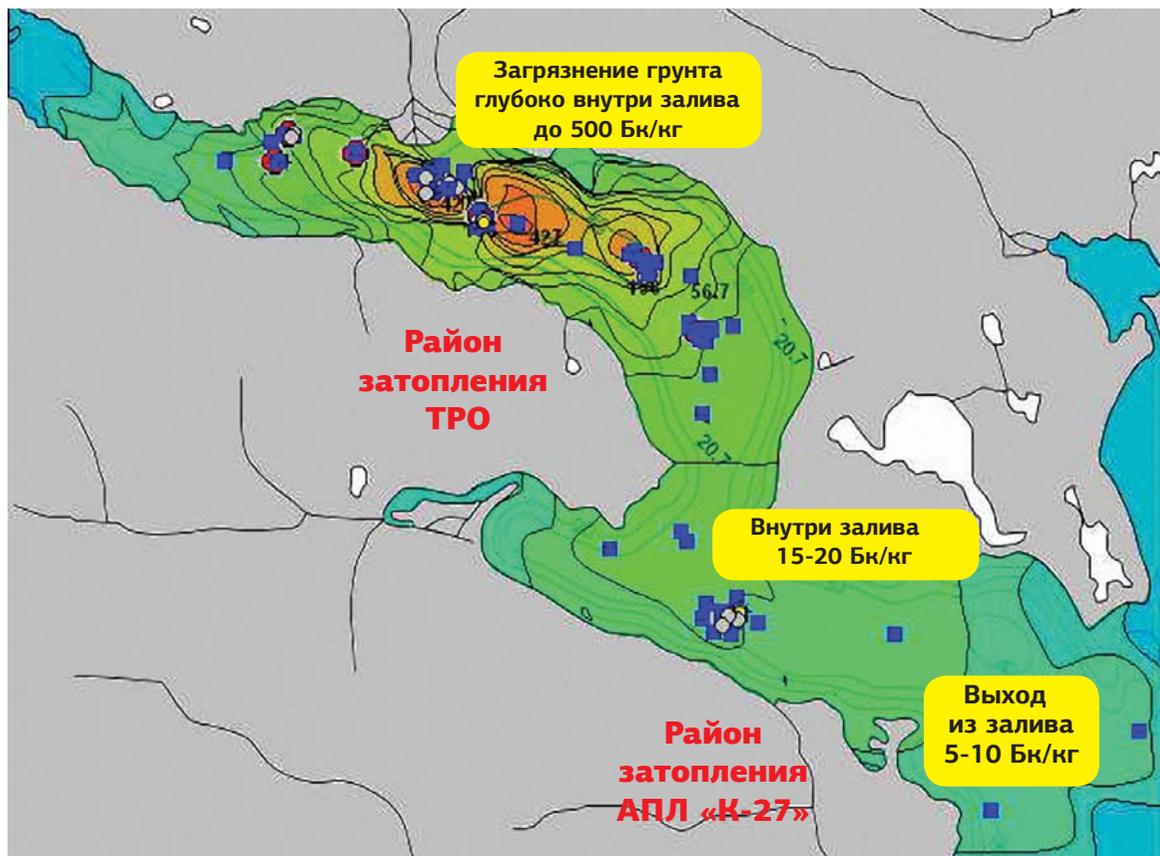


Рис. 4. Локализация техногенных радионуклидов внутри залива Степового (картограмма радиоактивного загрязнения ^{137}Cs поверхностного слоя донных отложений, места отбора проб грунта [4, 5])

лет после затопления происходит их естественная дезактивация [2]) и примерно 16 тыс. контейнеров с неомоноиченными ТРО, которые практически разрушились, и основная масса радиоактивных веществ в 1995—2010 гг., не причинив вреда ни окружающей среде, ни проживающему вблизи населению, поступила в морскую среду [2, 6]).

По последним оценкам [6] около 1000 контейнеров с ТРО, залитых бетоном и битумом, до 2150—2250 гг. еще будут оставаться локальными источниками радиоактивного загрязнения морской среды. Однако интенсивность поступления радионуклидов в морскую воду для каждого из них невелика — примерно 0,1—10 МБк/год. В результате их подъем нецелесообразен, так как даже совокупный источник из 1000 контейнеров не превышает 0,01% допустимой нормы.

Следует напомнить, что эксперты МАГАТЭ, работавшие по поручению стран — участниц Лондонской конвенции, оценили величину допустимого сброса радиоактивных отходов в море на уровне 37 ТБк/год [7]. Это соответствует значению, на которое ВМФ СССР ориентировался в период наиболее интенсивного удаления РАО в моря (1965—1975 гг.), что свидетельствует о близости понимания и выборе способов решения проблемы в разных странах (в 1960 г. — 0,37 ТБк/год [8], в 1966 г. — 37 ТБк/год [9]).

Выхода основной массы техногенных радионуклидов из ТРО, находящихся в затопленных судах,

следует ожидать в 2050—2100 гг. Целесообразность подъема может возникнуть только для тех из них, которые окажутся в районах потенциальной разработки углеводородов в Карском море: затоплены в Новоземельской впадине суда с ТРО «Хосе Диас» (1967 г., 7,2 ТБк), «Саяны» (1972 г., 3,7 ТБк), «Леопард» (1985 г., 16,7 ТБк), «Курейка» (1985 г., 25,6 ТБк), «Могилев» (1987 г., 23,4 ТБк), что потребует дополнительных исследований. Ожидаемая интенсивность поступления радионуклидов в морскую воду для каждого из них выше, чем из контейнеров с ТРО, но не превышает 0,1% допустимой нормы МАГАТЭ. Например, для судна «Курейка» с наибольшим содержанием ТРО в трюмах ожидаемый выход оценивается на уровне примерно 110 МБк/год [2].

Извлечение реакторных отсеков АПЛ и атомного ледокола без ОЯТ целесообразно провести в последнюю очередь после подъема аналогичных отсеков с ОЯТ в период, когда их техническое состояние будет еще оставаться удовлетворительным.

Торцевые переборки РО АПЛ толщиной 10 мм потеряют непроницаемость до 2050 г., а их прочность начнет нарушаться в 2100—2150 гг. [6]. К 2200 г. заметно снизятся прочностные характеристики удерживающих ЯЭУ конструкций. Прочные корпуса реакторных отсеков, имея толщину до 30 мм, за прошедшие 50 лет потеряли примерно 3—5 мм и до 2200—2250 гг. еще будут сохранять прочностные свойства, гипотетически обеспечи-

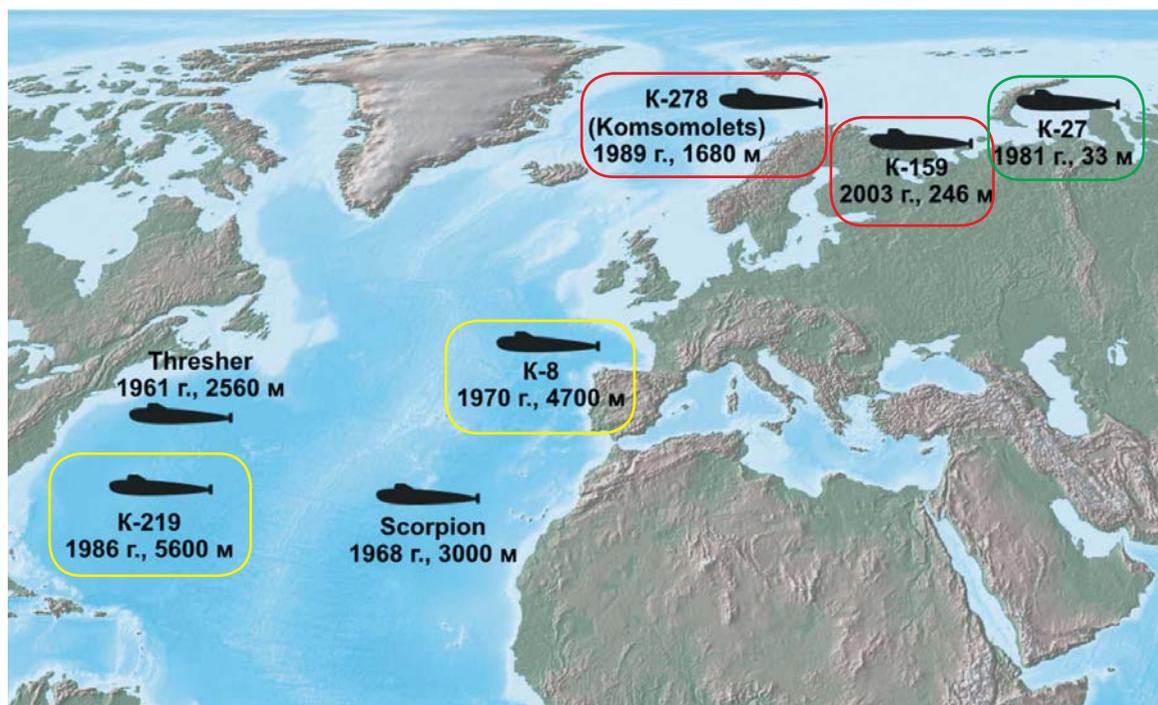


Рис. 5. Районы затопления АПЛ СССР/России и США в Атлантике и Арктике

вая техническую возможность их подъема при остаточной толщине примерно 5—7 мм.

Практически полного разрушения удерживающих ЯЭУ конструкций следует ожидать в период до 2200—2300 гг. Соответственно возрастает риск опрокидывания реакторов и разрыва трубопроводов. В результате возможен ускоренный выход техногенных радионуклидов в морскую воду с интенсивностью до 0,1 ТБк/год, что ниже допустимых норм, действовавших в XX столетии, но не известно, будут ли они приемлемы в будущем (интенсивность выхода из реакторов без ОЯТ составит менее 0,001 ТБк/год).

В случае сохранения исходного положения реакторов (при отсутствии разрывов), выход продуктов деления наступит не ранее 2400—2500 гг. [2, 6]. Однако следует учитывать, что в период 2300—2400 гг. в результате разрушения прочного корпуса РО морская вода уже будет свободно омывать ЯЭУ.

АПЛ «Комсомолец» не имела спецподготовки к затоплению. По результатам исследований специалистов РНЦ «Курчатовский институт», ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова и экспертов НАТО установлено, что из ЯЭУ, разгерметизировавшейся в результате удара АПЛ о дно, во внешнюю среду постоянно выходит примерно 0,001% продуктов деления в год (примерно 0,1 ТБк/год ^{137}Cs и ^{90}Sr) [10]. В результате в районе рубки в морской воде содержание ^{137}Cs в начальный период достигало 800—1600 Бк/л, затем стало снижаться [11], что по оценкам российских и норвежских специалистов с учетом глубины ее затопления и удаления от береговой черты еще не представляет радиологической опасности для человека и окружающей среды. Однако следует иметь в виду, что вну-

три АПЛ за прошедшие годы накопились жидкие радиоактивные отходы и произошла сорбция техногенных радионуклидов на внутренних поверхностях включая конструкции и оборудование.

АПЛ «К-159» не имела спецподготовки к затоплению. С момента гибели по настоящее время не обнаружено поступления техногенных радионуклидов в морскую воду. По оценкам специалистов ОАО «Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н. А. Доллежалея» выход радионуклидов по техническим причинам (при касании грунта) мог возникнуть если не сразу (загрязнения в течение первых десяти суток после затопления и через три месяца не обнаружено [12, 13]), то в течение последующих 10 лет [14] (на сегодня прогноз пока не оправдался [15]). В случае неподтверждения предшествующих сценариев рассмотрены последующие [14], один из которых, например, может быть связан с повреждением и ускоренным нарушением герметичности импульсных трубок первого контура ЯЭУ — 2030—2050 гг. и т. д., отдаленный период соответствует 2200—2300 гг. [6]. В подобных обстоятельствах с целью оценки и предупреждения возникновения неблагоприятных радиологических последствий в случае оставления АПЛ на грунте необходимо будет проводить ее долгосрочный постоянный радиационный мониторинг.

Если разгерметизация реакторов все же произойдет в 2050—2100 гг., в результате ускоренного выхода в морскую воду поступят техногенные радионуклиды с интенсивностью до 10 ТБк/год. Выход в пределах 1—10 ТБк/год может наблюдаться в течение ста лет, что хотя и меньше допустимых норм МАГАТЭ, но совершенно неприемлемо для прибрежных рыболовных и судоходных вод.

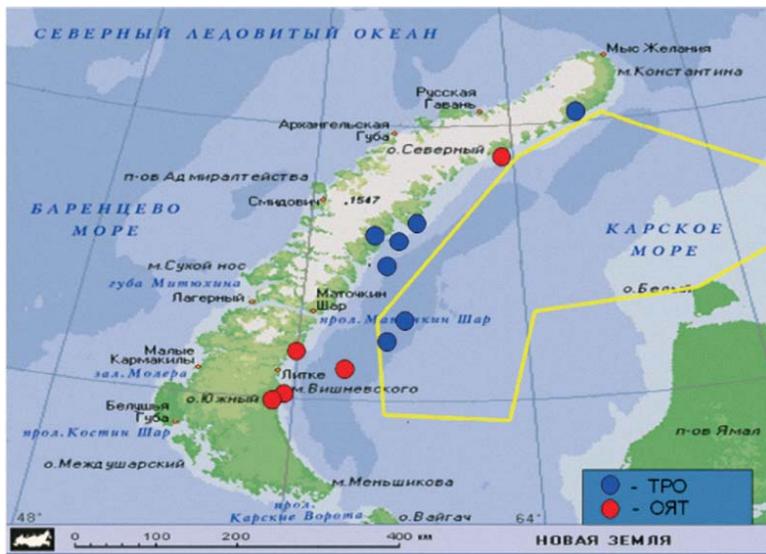


Рис. 6. Район разработки углеводородов в Карском море и места затоплений объектов с ОЯТ и ТРО

АПЛ «К-27» имела спецподготовку к затоплению включая заполнение реактора фурфуролом, что предположительно должно было обеспечить недопустимость контакта воды с оболочкой твэлов на срок до 500 лет. Однако исследования ГНЦ «Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского» показали, что в течение 30—50 лет адгезия фурфуrolа с оболочкой твэлов нарушается. После этого при попадании в реактор 5—6 л воды, не исключено возникновение локальной самопроизвольной цепной реакции и загрязнение окружающей среды продуктами деления; интенсивность выхода радионуклидов может составить от 10 до 100 ТБк/год [16]. Принимая во внимание, что в 2015—2020 гг. запланирована ликвидация единственного в России пункта выгрузки ОЯТ из АПЛ с жидкотеплоносителем, расположенного в поселке Гремиха, дальнейшее нахождение АПЛ «К-27» в затопленном состоянии недопустимо и опасно.

Реактор АПЛ заказ № 421 имел спецподготовку к затоплению. По мнению специалистов, она была проведена некачественно. В связи с этим объект сразу был отнесен к наиболее потенциально опасным источникам загрязнения морской среды с возможной скоростью выхода радионуклидов до 3 ТБк/год [2]. Однако радиозоологические исследования в районе затопления в Новоземельской впадине еще не подтвердили интенсивного выхода радионуклидов в морскую среду [17]. Необходимо обследование.

Реакторные отсеки АПЛ заказ № 901, заказ № 285, экранная сборка ЯЭУ атомного ледокола «Ленин» имели спецподготовку к затоплению. Морская вода попадет внутрь РО в результате питтинговой коррозии через микроотверстия примерно в 2015—2050 гг., и начнется коррозия ЯЭУ. В 2100—2150 гг. их торцевые переборки разрушатся, после чего вода будет относительно свободно омывать ЯЭУ. В случае последующего опрокидывания реакторов и разрыва трубопроводов возможен ускоренный выход техногенных

радионуклидов в морскую воду с интенсивностью до 0,1 ТБк/год, что ниже допустимых норм.

Экранная сборка ЯЭУ ледокола «Ленин» имеет более мощные многослойные защитные барьеры, так как содержит в два-три раза большую активность, и их разрушения можно ожидать не ранее 3000 г. [6].

Состояние обстановки

Эксперты МАГАТЭ [18] и Европейского союза [19], оценив радиозоологические последствия удаления радиоактивных отходов российского военного и ледокольного атомных флотов в арктические моря, пришли к заключению о пренебрежимо малом дополнительном их воздействии на население и биоту. Норвежские и российские специалисты в результате многолетних наблюдений также подтвердили, что сброшенные радиоактивные отходы СССР/России не представляют реальной опасности и могут определенное время оставаться на дне, однако, учитывая высокую потенциальную опасность отдельных объектов, особенно с ОЯТ, они считают необходимым проведение постоянного радиозоологического контроля и мониторинга районов их захоронения [2].

Первый этап хранения под водой объектов с ОЯТ и ТРО оказался благополучным. Выход основной массы техногенных радионуклидов из разрушающихся контейнеров с неомоноличными ТРО завершился в 2000—2010 гг. Радиозоологическое состояние районов их затопления характеризуется как удовлетворительное. Наблюдаются локальные зоны радиоактивного загрязнения донных отложений вблизи контейнеров на удалении нескольких метров от каждого из них и до десятков сотен метров в местах их скопления. Однако для получения такого заключения потребовалось провести более 40 морских экспедиций включая около 10 международных [2, 20—26].

Подобного типа мониторинг, в случае оставления наиболее опасных из них с ОЯТ на дне необходимо будет осуществлять в дальнейшем по мере коррозионного разрушения защитных ба-

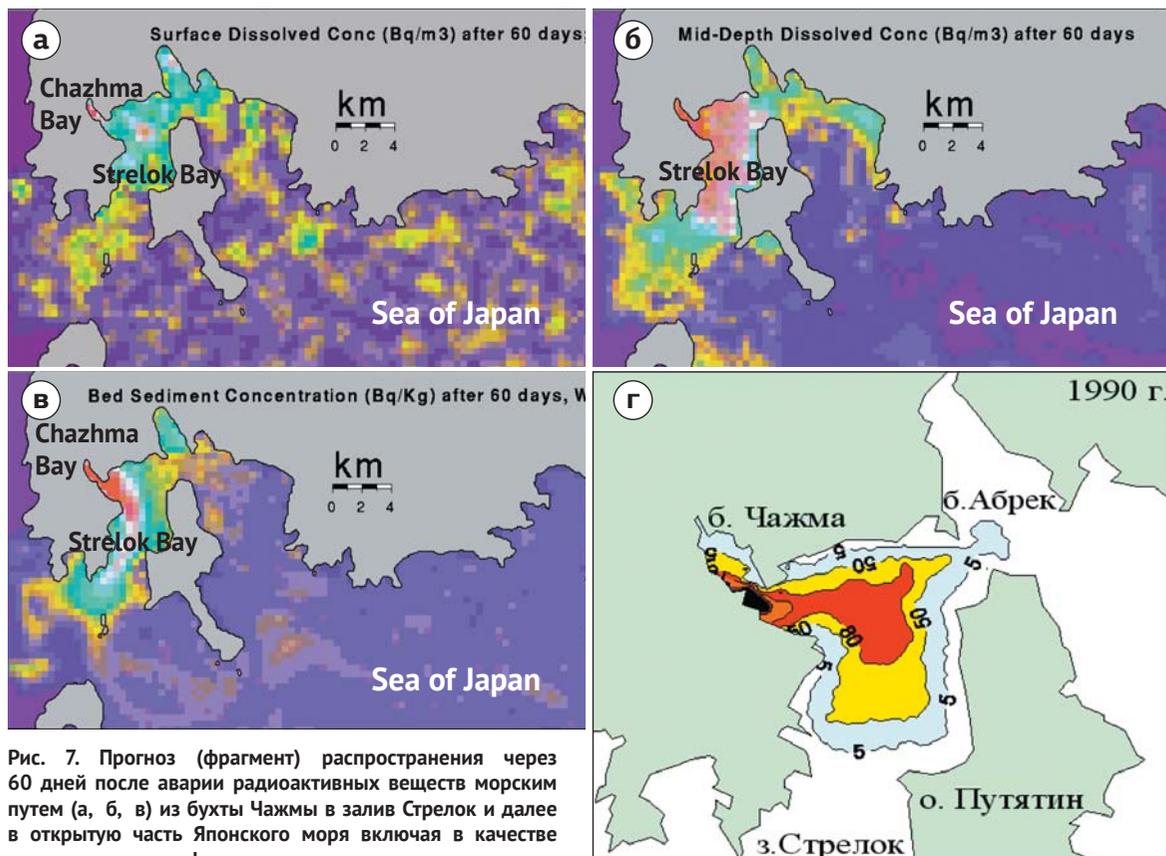


Рис. 7. Прогноз (фрагмент) распространения через 60 дней после аварии радиоактивных веществ морским путем (а, б, в) из бухты Чажмы в залив Стрелок и далее в открытую часть Японского моря включая в качестве подтверждения фактическое загрязнение донных отложений ^{60}Co (г) через пять лет после теплового взрыва, инициированного самопроизвольной цепной реакцией на АПЛ «К-431» в 1985 г. в Приморском крае

рьеров и активированных материалов вплоть до 2500—2700 гг. [2, 6, 14]. Причина состоит в том, что теоретические оценки и соответствующие им прогнозы считаются недостаточно обоснованной информацией для принятия превентивных мер. Они должны быть подтверждены результатами натуральных исследований, которые получают в результате проведения морских экспедиций или соответствующими системами подводных наблюдений [27, 28].

В последнее десятилетие неконтролируемое хранение ОЯТ на дне, особенно в мелководных районах, с опаской воспринимается международным сообществом, так как создаются предпосылки не только для экологической, но и для террористической угрозы.

Если продолжить хранить объекты с ОЯТ и наиболее опасные с ТРО на дне, ответы на постоянно возникающие радиоэкологические вопросы о возможности использования морских районов и о террористических угрозах предстоит давать еще много раз.

Кроме оценки и предупреждения радиоэкологической опасности для человека и окружающей среды необходимо обратить внимание на расширение нефтяного и газопромыслового освоения шельфовой зоны Карского моря. Как видно из рис. 6, практически все объекты с ОЯТ и РАО, затопленные в Карском море, расположены вдоль

северо-западной границы района добычи углеводородов на удалении от 10 до 120 км, а часть из них находится внутри Новоземельской впадины.

В подобных обстоятельствах международная практика требует уточнения местоположения опасных объектов и предоставления открытой информации об их характеристиках. В случае использования таких районов необходима оценка воздействия источников радиоактивного загрязнения на окружающую среду, включающая не только получение и анализ результатов натуральных измерений, но и долгосрочный прогноз с моделированием различных вариантов чрезвычайных ситуаций. Прогнозы для объектов с ОЯТ по чрезвычайным ситуациям должны выполняться как для затопленных в Новоземельской впадине объектов, так и для находящихся в заливах Абросимова, Степового и Цивольки.

Расстояние 10—50 км не преграда для распространения радиоактивных веществ морским путем даже из внутренних заливов в случае возникновения чрезвычайной ситуации с объектом, содержащим ОЯТ, что подтверждается прогнозом и совпадающими результатами натуральных исследований на Дальнем Востоке (рис. 7 [29, 30]).

Как известно, в подобных условиях при долгосрочном освоении новых нефтегазовых месторождений по результатам радиоэкологических исследований и прогноза необходимо получение заключения о состоянии радиационной обстановки в настоящее время и в будущем и соответству-

ющих разрешений на проведение изыскательских буровых работ и дальнейшую эксплуатацию таких районов.

Эти требования выводят проблему радиоэкологической реабилитации арктических морей на одно из важнейших мест в вопросах обеспечения безопасности освоения шельфа Карского моря [24, 31, 32].

Экономические и технические возможности решения проблемы

Ранжирование затопленных и затонувших объектов с ОЯТ и РАО [2, 24, 33] было ориентировано на оценку их реальной и потенциальной опасности при длительном нахождении на грунте и по времени отражало события, предшествовавшие 2000 г. В настоящее время кроме уточнения и оценки влияния радиационных факторов на человека и окружающую среду необходимо учитывать возможности подъема наиболее опасных из них и их утилизацию в существующих условиях.

Возникла необходимость пересмотра очередности решения задач по этой проблеме с включением в процедуру ранжирования следующих дополнительных факторов [24, 32]:

- прогноза радиационно-технического состояния объектов;
- экономической и технической возможности реабилитации морских акваторий;
- возможности утилизации объектов, обращения с ОЯТ и РАО;
- международной заинтересованности в экономическом освоении региона.

Экономическая и техническая возможности. В настоящее время Россия не обладает универсальными средствами подъема всех типов затопленных и затонувших объектов. Для подъема АПЛ «Комсомолец» и «К-159» она, как и раньше, нуждается в создании универсального транспортно-подъемного средства типа голландской баржи «Гигант-3», которая использовалась для подъема АПЛ «Курск» [34].

Ее создание и оснащение необходимым оборудованием потребует международного сотрудничества, два-три года согласований, подготовки и строительства (затраты — 110—150 млн евро). Универсальная система подъема и транспортировки позволит снизить стоимость работ по реабилитации акваторий от всех типов крупногабаритных объектов с ОЯТ и ТРО. С учетом утилизации, обращения с ОЯТ и РАО общие затраты на реабилитацию объектов с ОЯТ составят 300—350 млн евро, объектов без ОЯТ и судов с ТРО — 130—150 млн евро [22].

Если подходить к процессу удаления объектов с ОЯТ с позиции разработки и применения индивидуальных средств подъема (с помощью понтонов), по оценкам специалистов ГК «Росатом», применительно только к АПЛ «К-27» с учетом ее утилизации потребуется 40—45 млн евро [35], что приблизительно на 30% дороже универсального способа [34, 36]. Следует отметить, что подъем

АПЛ «Комсомолец» и «К-159» с применением понтонов невозможен, а реактора АПЛ заказ № 421 с ОЯТ с глубины 300 м проблематичен.

Возможность утилизации, обращения с ОЯТ и РАО. В рамках сотрудничества по инициативе «Глобального партнерства» на Северо-Западе России в части утилизации АПЛ наиболее приоритетными считаются следующие задачи:

- завершение утилизации атомных подводных лодок;
- утилизация надводных судов обеспечения, надводных кораблей с ЯЭУ;
- завершение строительства объектов длительного хранения реакторных отсеков и радиоактивных отходов в губе Сайда;
- подготовка к вывозу ядерного топлива за пределы региона;
- реабилитация радиационно опасных объектов обеспечивающей инфраструктуры.

В полном объеме эти планы до конца 2012 г. не будут выполнены за исключением утилизации АПЛ. Потребуется продолжение работ по обращению с ОЯТ и РАО и реабилитации обеспечивающей инфраструктуры, которые продлятся до 2020—2025 гг. (инфраструктура обеспечения выгрузки ОВЧ АПЛ «К-27» в поселке Гремиха будет демонтирована в 2015—2020 гг.).

Остающиеся 10—15 лет до ликвидации инфраструктуры вывода из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов (для поселка Гремиха — 3—8 лет) на Северо-Западе России ее еще можно использовать в интересах реабилитации морских акваторий Арктического региона. После этого решение проблемы потребует значительно больших затрат.

Международная заинтересованность (включая Россию) в обеспечении безопасности Карского моря и отдельных районов Баренцева моря путем снижения потенциальной радиоэкологической нагрузки на морские экосистемы определяется расширяющимися интересами освоения нефтегазовых месторождений. В первую очередь это относится к Карскому морю, где сосредоточены все затопленные объекты с ОЯТ и РАО.

Заинтересованность Норвегии в радиоэкологической безопасности Норвежского моря проявляется в связи с тем, что затонувшая в международных водах АПЛ «Комсомолец» с момента затопления по настоящее время остается действующим источником радиоактивного загрязнения морской среды. Реабилитация района затопления сдерживается большими глубинами, необходимостью применения современных технологий подъема аварийной АПЛ и существенными экономическими затратами. Для этого потребуется международное сотрудничество и выбор оптимального способа реабилитации (подъем или окончательное захоронение на месте).

Россия также по экономическим и организационно-техническим причинам около 10 лет не поднимает АПЛ «К-159», затонувшую в Баренцевом море у входа в Кольский залив вблизи между-

народных судоходных трасс и районов рыболовства. Для подъема необходима международная помощь.

В этих условиях, придерживаясь градации объектов по степени радиоэкологической опасности на три определяющие группы, предложенной в [22], целесообразно внутри каждой из них с учетом приведенных выше факторов первоочередность подъема и утилизации расположить в следующей последовательности:

1. *Объекты с ОЯТ:*

1) затопленные АПЛ «К-27» и баржа с реактором АПЛ заказ № 421;

2) затонувшая АПЛ «К-159»;

3) затопленная баржа с экранной сборкой атомного ледокола;

4) затопленные реакторные отсеки АПЛ заказ № 285 и заказ № 901;

5) затонувшая АПЛ «Комсомолец» (не решен вопрос о способе реабилитации — подъем или окончательное захоронение на месте).

2. *Объекты без ОЯТ:*

1) затопленные «Лихтер-4» с двумя реакторами АПЛ заказ № 538 и реакторный отсек атомного ледокола;

2) реакторные отсеки АПЛ заказ № 254 и заказ № 260.

3. *Объекты с ТРО*, затопленные в судах в Новоземельской впадине: «Хосе Диас», «Саяны», «Курейка», «Леопард», «Могилев» (не решен вопрос о допустимости оставления на месте в процессе нефтегазового освоения шельфа Карского моря; при недопустимости — приоритет по реабилитации возрастает).

Последующие комплексные инженерные радиационные обследования с учетом международной заинтересованности в освоении шельфа арктических морей позволят составить наиболее обоснованный перечень объектов, предназначенных для подъема, провести ранжирование и осуществить приоритизацию выполнения предполагаемых реабилитационных работ [37].

Вопросы международного сотрудничества

Уже когда разрабатывался Стратегический Мастер-план (2005—2007 гг.) утилизации АПЛ [38, 29], была отмечена необходимость рассмотрения более отдаленной перспективы утилизации атомного флота, связанной с реабилитацией арктических морей. Проблема была выделена в отдельное направление как элемент его дальнейшего развития и ведется в ИБРАЭ РАН самостоятельно уже с 2005 г. [22, 33, 38].

С 2009 г. большие усилия были направлены на вопросы международного сотрудничества. На 23-м пленарном заседании Контактно-экспертной группы (КЭГ) МАГАТЭ (Рим, октябрь 2009 г.), на Гаагском семинаре КЭГ 24—26 февраля 2010 г., на 24-м пленарном заседании КЭГ в Оттаве в сентябре 2010 г., на семинаре КЭГ в Осло в феврале 2011 г. и, наконец, на недавнем семинаре в Хель-

синки (апрель 2012 г.) делались доклады по этой проблеме не только специалистами ведущих институтов России, но и зарубежными партнерами.

Члены КЭГ МАГАТЭ по проблеме радиационной реабилитации Арктики:

- отметили, что в отношении Северо-Запада России цели и задачи «Глобального партнерства» не могут быть в полной мере достигнуты без снижения угроз, исходящих от ядерных объектов, затонувших и затопленных в Норвежском, Баренцевом и Карском морях;
- выразили ожидание и надежду, что после принятия российским правительством официального решения о реабилитации Арктики от объектов с ОЯТ будет выделена международная финансовая и техническая помощь и от других приполярных стран;
- пришли к согласию, что было бы уместно и целесообразно расширить охват существующего Стратегического Мастер-плана по комплексной утилизации АПЛ на Северо-Западе России, включив в него задачи радиоэкологической реабилитации арктических морей, в первую очередь от затонувших и затопленных объектов с ОЯТ.

Организационно-технические вопросы

В последние годы проблема радиоэкологической реабилитации арктических морей переходит в плоскость практической ориентации. Актуальность признана на уровне Правительства РФ. Госкорпорации «Росатом», заинтересованным министерствам и ведомствам включая РАН дано поручение обеспечить разработку и реализацию программы действий, которая должна включать:

- разработку концепции радиоэкологической реабилитации арктических морей;
- проведение комплексных инженерно-радиационных обследований объектов;
- получение заключений об их ядерной, радиационной и экологической безопасности;
- оценку воздействия их подъема и транспортировки на окружающую среду;
- обоснование, приоритизацию и формирование перечня объектов реабилитации;
- источники, объемы финансирования, сроки и этапы исполнения работ;
- решение вопросов радиоэкологического контроля и мониторинга;
- разработку программы радиационной реабилитации и утилизации объектов;
- вопросы привлечения международных партнеров;
- вопросы взаимодействия с общественными организациями и СМИ.

Заключение

В 2012 г. заканчивается сотрудничество по инициативе «Глобального партнерства» и предстоит решать вопрос о дальнейшей его судьбе. То есть существует определенная перспектива привлечения членов «Глобального партнерства» к решению проблемы затопленных объектов, и это может

стать логическим продолжением дальнейшей деятельности в данном направлении. В 2011 г. в официальных документах встречи глав государств — участников «Глобального партнерства» в Довиле (Франция) впервые было зафиксировано, что задача подъема затопленных объектов, содержащих ядерное топливо, может рассматриваться в качестве одного из направлений сотрудничества на период после 2012 г.

Уже сейчас Франция проявляет большой интерес к работе с АПЛ «К-27», так как специалисты накопили большой опыт, когда работали в поселке Гремиха по утилизации подводных лодок с реакторами на жидкометаллическом теплоносителе. Кроме того, они вложили достаточно средств в восстановление инфраструктуры поселка Гремиха и хотели бы использовать ее в полном объеме. Норвегия также проявляет повышенный интерес, так как расположена близко к районам затоплений и заинтересована в реабилитации прилегающих морских акваторий.

Все понимают, что в условиях сложной экономической обстановки новую международную программу создать довольно трудно. Но привлечь для участия в этой работе отдельные страны, которые сегодня работают в рамках «Глобального партнерства», вполне реально.

Высокая заинтересованность в освоении российского морского шельфа в Арктике с участием зарубежных инвесторов также является стимулом к продолжению работ в данном направлении. В связи с этим комплексная программа радиоэкологической реабилитации арктических морей должна носить целостный характер и по вопросам обеспечения безопасности отвечать требованиям как российского законодательства, так и международным рекомендациям.

Проблема вывода из эксплуатации и утилизации российских АПЛ решалась при содействии стран-участниц «Глобального партнерства» и ознаменовалась историческим этапом международного сотрудничества, который привел к снижению военного противостояния в этом регионе.

Затопленные и затонувшие в Арктике объекты с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, также как и утилизированные в рамках «Глобального партнерства» АПЛ, относятся к последствиям «холодной войны» и должны быть утилизированы по аналогичной схеме.

Осталось сделать последний шаг в этом направлении — совместными усилиями в период до 2020 г. осуществить радиоэкологическую реабилитацию морских акваторий от затонувших АПЛ, объектов с ОЯТ и наиболее опасных объектов с РАО и перейти к мирному освоению Северного Ледовитого океана на основе полного доверия и взаимного понимания.

Литература

- Inventory of Radioactive Material Entering the Marine Environment: Sea Disposal of Low Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-588 / International Atomic Energy Agency. — Vienna, 1991. — 137 p.
- Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Васильев А. П. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию: Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в арктические и дальневосточные моря («Белая книга-2000»). — М.: ИздАТ, 2005. — 624 с.
- Лавковский С. А., Кобзев В. Н., Лысцов В. Н. и др. Разработка научно-методологических основ диагностирования и прогнозирования состояния захоронений ядерных отходов на дне Баренцева, Карского и Японского морей. Определение путей предотвращения опасных экологических последствий. Проект 101 МНТЦ / СКБ «Лазурит». — Н. Новгород, 1998. — 317 с.
- Никитин А. С. Предложения Росгидромета по программе совместной российско-норвежской экспедиции в места затопления радиоактивных отходов в Карском море // Материалы Российско-норвежской рабочей встречи. — СПб., 2010. — С. 21.
- Казеннов А. Ю. Технологии радиационного мониторинга затопленных объектов и акваторий: Опыт РНЦ «Курчатовский институт» // Материалы Российско-норвежской рабочей встречи. — СПб., 2010. — С. 29.
- Антипов С. В., Высоцкий В. Л., Сивинцев Ю. В. и др. Оценка выхода техногенных радионуклидов в морскую воду из затопленных ядерных радиационно опасных объектов в результате коррозии защитных барьеров в Арктическом и Дальневосточном регионах. — М.: ИБРАЭ РАН, 2010. — 342 с.
- Revised Version of the Definition and Recommendations called for by the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter. IAEA INF/CIRC/205/Add.1/Rev.1 / International Atomic Energy Agency. — Vienna, 1978. — 162 p.
- Временные санитарные требования к сбросу в море с объектов ВМФ жидких отходов, содержащих долгоживущие радиоактивные вещества / ВМФ. — М., 1960. — 74 с.
- Временные санитарные требования к захоронению в море радиоактивных отходов (ВСТЗ-66) / ВМФ. — М., 1966. — 68 с.
- Khlopkin N. S., Gladkov G. A., Lystsov V. N. et al. Assessment and prognosis of the state of nuclear installation of submarine "Komsomolets": Report from Working Group under leadership of Academician N. S. Khlopkin / RRC "Kurchatov Institute". — Moscow, 1994 (Distributed by the Norwegian Defense Research Establishment, Kjeller, Norway). 1994. — 231 p.
- Кормилицын Ю. Н., Носов Н. А. Экспедиция 1994 года к АПЛ «Комсомолец» // Материалы всероссийской НТК «Научно-технические проблемы создания средств подъема и утилизации затонувших объектов» 19—20 декабря 1994. — СПб.: СПГМТУ, 1994. — С. 11.
- Саркисов А. А., Высоцкий В. Л., Сивинцев Ю. В. и др. Результаты начального этапа радиационного мониторинга района затопления АПЛ «К-159» (август-сентябрь) // Изв. Академии наук. Энергетика. — 2004. — Вып. 6. — С. 102—108.

13. Черняев А. М., Казеннов А. Ю., Высоцкий В. Л. и др. Основные результаты радиационного мониторинга вблизи легкого корпуса затонувшей атомной подводной лодки «К-159» и прилегающем районе: I этап, октябрь-ноябрь 2003. — Северодвинск; Москва, 2003. — 42 с.
14. Шишкин В. А., Васюхно В. П., Орлов Ю. В. и др. Радиационный мониторинг АПЛ Б-159 с помощью ТЛД дозиметров. — М.: ФГУП НИКИЭТ им. Н. А. Доллежалея, 2007. — 71 с.
15. AMEC Project 1.12 (B-159 Radio-Ecological Survey) Record of Meeting held in Devonport on 20th to 22nd March 2007. — 12 p.
16. Сомов И. Е. О подъеме АПЛ «К-27» для снижения ядерного и радиационного риска в Северо-Западном регионе. — Осло, 2011. — 7 с. — Материалы КЭГ МАГАТЭ.
17. Сброс радиоактивных отходов и радиоактивное загрязнение Карского моря // Результаты российско-норвежской группой экспертов (1992—1994) / Под ред. П. Странда, А. Никитина, Б. Линда, Б. Сальбю, Г. Кристенсена. — Осло; Москва, март 1996. — 187 с. — Второе изд.: май 1997. — 216 с.
18. Radiological Conditions of the Western Kara Sea: Assessment of the Radiological Impact of Dumping of Radioactive Waste in the Arctic Seas: Rep. of the Intern. Arctic Seas Assessment Project (IASAP). — Vienna: IAEA, 1998. — 116 p.
19. Ali S., Beaumont H., Dutton L. et al. Evolution of the Radiological Situation Around the Nuclear Reactors with Spent Fuel which Have Been Scuttled in the Kara Sea: Rep. EUR-17634 EN. — [S. l.], 1997. — 87 p.
20. Никитин А. И., Катрич И. Ю., Кабанов А. И. и др. Радиоактивное загрязнение Северного Ледовитого океана по результатам наблюдений в 1985—1987 гг. // Атом. энергия. — 1991. — Т. 71, вып. 2. — С. 169—172.
21. Кваша Н. И., Лавновский С. А., Кобзев В. И. и др. Оценка влияния радиоактивных отходов атомного флота на радиационную обстановку в территориальных водах России // Рос. хим. журн. — 2001. — Т. 45, № 5—6. — С. 142—148.
22. Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л. и др. Радиоэкологические последствия и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. — М.: ИБРАЭ РАН, 2006. — 76 с. — Второе изд.: 2009. — 81 с.
23. Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Алексеев И. Н. Современное состояние затопленных объектов с ОЯТ и ТРО в заливах архипелага Новая Земля // Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР. — М.: 2008. — С. 21—23.
24. Саркисов А. А., Высоцкий В. Л., Сивинцев Ю. В. и др. Проблемы радиационной реабилитации арктических морей, способы и пути их решения // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 1. — С. 70—82.
25. Степанец О. В. Радиогеоэкологические исследования мелководных заливов архипелага Новая Земля в местах захоронения затопленных объектов // Материалы работы КЭГ МАГАТЭ 16—17 февраля 2011. — Осло, 2011. — С. 14—19.
26. Кобылянский В. В., Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е. Подводные захоронения радиоактивных отходов в Арктике. Какова реальная угроза // Новосибирск. II ВНТК. Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана, 2012. — С. 27—45.
27. Казеннов А. Ю. Методы обследования подводных потенциально опасных объектов с помощью аппаратуры радиационного подводного мониторинга нового поколения // Материалы конференции МЧС. — М., 2006. — С. 22—29.
28. Коваленко В. В. Информационные сетевые системы как основа решения прикладных задач в сферах безопасности, ресурсной и природоохранной // Новосибирск. II ВНТК. Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана, 2012. — С. 17—26.
29. Hibler L. Migration of radioactive contaminants from the 1985 Chazhma bay submarine reactor accident and fire — joint U.S. — Russian scoping investigation. — Washington: Battelle Marine Sciences Laboratory/ Pacific Northwest National Laboratories, 1998. — 12 p.
30. Арутюнян Р. В., Данилян В. А., Высоцкий В. Л. и др. Анализ и оценка радиоэкологических последствий ядерной аварии в бухте Чажма. — М., 1998. — (Препринт / ИБРАЭ РАН; ИБРАЭ-98-7). — 43 с.
31. Лаверов Н. Д., Дмитриевский А. П., Богоявленский В. И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 1. — С. 26—37.
32. Саркисов А. А., Антипов С. В., Высоцкий В. Л. и др. Научно-технические проблемы радиоэкологической реабилитации потенциальных районов нефтегазового промысла арктических морей // Новосибирск. II ВНТК. Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана, 2012. — С. 199—205.
33. Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л. и др. Анализ состояния и возможных подходов по обращению с затопленными радиационно опасными объектами в Северо-Западном регионе России. — М.: ИБРАЭ РАН, 2005. — 139 с.
34. Спасский И. Д. «Курск» после 12 августа 2000 года. — М.: Русь, 2003. — 287 с.
35. Сообщение руководителя проекта проектного офиса комплексной утилизации АПЛ дирекции ядерной и радиационной безопасности ГК «Росатом» // РИА «Новости». — 2011. — 6 окт.
36. Технический проект подъема, транспортировки и постановки в ДОК ПЛА «Б-159» (пояснительная записка). — СПб.: ФГУП «Малахит», 2004. — 27 с.
37. Антипов С. В., Высоцкий В. Л., Сивинцев Ю. В. Инженерно-радиационное обследование затопленных объектов — определяющее звено в разработке комплексной Программы радиационной реабилитации арктических морей. — Осло, 2011. — 14 с. — Материалы КЭГ МАГАТЭ.
38. Стратегический Мастер-план утилизации и экологической реабилитации выведенных из эксплуатации объектов атомного флота и обеспечивающей инфраструктуры в Северо-Западном регионе России. — М.: ИБРАЭ РАН, 2007. — 102 с.