

УДК 621.039.7

Оценка влияния радиоактивных отходов атомного флота на радиационную обстановку в территориальных водах России

Н. И. Кваша, С. А. Лавковский, В. И. Кобзев, В. Н. Садовников, А. Б. Плесков, В. Н. Лысцов, С. М. Вакуловский, В. Н. Вавилкин, О. И. Петров

НИКОЛАЙ ИОСИФОВИЧ КВАША — почетный доктор Нижегородского государственного технологического университета, Генеральный директор-Генеральный конструктор ОАО «ЦКБ «Лазурит».

СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ ЛАВКОВСКИЙ — кандидат технических наук, доцент, Генеральный конструктор по шельфовым технологиям ОАО ЦКБ «Лазурит».

ВЛАДИМИР ИЛЬИЧ КОБЗЕВ — заместитель главного конструктора проекта ОАО ЦКБ «Лазурит».

ВАДИМ НИКОЛАЕВИЧ САДОВНИКОВ — начальник ВЦ ОАО ЦКБ «Лазурит».

АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ ПЛЕСКОВ — ведущий конструктор ОАО ЦКБ «Лазурит».

603003 Нижний Новгород, ул. Свободы, д. 57, ОАО ЦКБ «Лазурит», тел. (8312)73-17-26, факс (8312)73-65-11, E-mail CDB@Lazurit.sci-nnov.ru

ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ ЛЫСЦОВ — доктор физико-математических наук, профессор, начальник лаборатории, РИЦ «Курчатовский институт».

123182 Москва, пл. И.В. Курчатова, д. 1, тел. (095)196-71-51, факс (095)196-86-79, E-mail vitalii@pike.net.ru

СЕРГЕЙ МСТИСЛАВОВИЧ ВАКУЛОВСКИЙ — кандидат технических наук, заместитель директора Института экспериментальной метеорологии, НПО «Тайфун».

249020 Обнинск, Калужская область, просп. Ленина, д. 82, тел. (08439)71830, факс (08439)1147, E-mail mk@feerc.obninsk.org

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ ВАВИЛКИН — кандидат технических наук, главный специалист ОКБМ им. И.И. Африкантова.

603074 Нижний Новгород, Бурнаковский проезд, 15, тел. (8312)46-25-66, факс (8312)41-87-72, E-mail ОКВМ@ОКВМ.nnov.ru

ОЛЕГ ИВАНОВИЧ ПЕТРОВ — полковник медицинской службы в отставке.

В настоящее время весьма актуальной является проблема хранения и захоронения радиоактивных отходов, связанных с эксплуатацией и выводением из эксплуатации кораблей и судов с ядерными энергетическими установками. Решению этой задачи посвящено достаточно много публикаций, однако многие из них содержат устаревшие сведения и ряд неточностей. Поэтому Международным научно-техническим центром был одобрен проект 101 «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 финансировался Европейской комиссией (DG-XII) и на разных этапах США, Финляндией, Швецией и Норвегией.

Целью настоящей работы является оценка влияния радиоактивных отходов, захороненных на дне морей, а также находящихся на выведенных из эксплуатации атомных подводных лодках и в хранилищах, на радиоэкологическую обстановку в территориальных морях России, и выдача на основании полученных данных рекомендации по реабилитации опасных объектов и прогнозирование экологической ситуации.

Основные источники возможного радиационного загрязнения территориальных морей России

К основным источникам возможного радиационного загрязнения морей можно отнести следующие объекты: затопленные в морях радиоактивные отходы (РАО),

атомные подводные лодки, надводные суда с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ), суда атомно-технологического обслуживания, погибшие атомные подводные лодки.

Затопленные в морях радиоактивные отходы. В 1960—70-х гг. практика затопления РАО была общепринятой для стран, использовавших ядерную энергию в мирных и военных целях. Первое затопление РАО осуществили в 1946 г. США (северо-восточная часть Тихого океана в 80 км от побережья Калифорнии). В СССР эта практика получила распространение при создании атомных подводных лодок и атомных ледоколов.

Для затопления РАО в территориальных морях России были выделены 13 районов в Северном регионе и 10 районов в Дальневосточном регионе.

Первое затопление жидких радиоактивных отходов (ЖРО) объемом 600 м³ с суммарной активностью 0,02 Ки было произведено в 1959 году. В этом же году было осуществлено первое затопление твердых радиоактивных отходов (ТРО) с суммарной активностью 100 Ки (эквивалент Sr-90).

По данным МАГАТЭ с 1946 по 1982 гг. в Мировом океане было затоплено ТРО общей активностью (без учета СССР) 1,24 МКи (45,9 ПБк). СССР присоединился к Лондонской Конвенции 29 января 1976 года Члены Лондонской Конвенции 13 февраля 1983 года приняли резолюцию о прекращении на два года сбросов РАО в моря. Хотя резолюция и не имела юридической силы, начиная с 1983 г. сбросы РАО были приостановлены многими странами.

В России затопления были прекращены в Северном регионе в 1991 г. — ТРО и 1992 г. — ЖРО, в Дальневосточном регионе в 1992 г. — ТРО и в 1993 г. — ЖРО.

Объемы затоплений РАО в территориальных морях России и их радиоактивность представлены в табл. 1, 2.

Атомные подводные лодки и надводные суда с ЯЭУ. Эксплуатация и ремонт кораблей с ЯЭУ, находящихся на вооружении в Военно-морском флоте, ежегодно приводят к образованию жидких и твердых радиоактивных отходов.

Жидкие радиоактивные отходы могут быть разделены на три категории в зависимости от их удельной активности: низкоактивные (до 1·10⁻⁵ Ки/л или 3,7·10⁵ Бк/л), среднеактивные (более 1·10⁻⁵ Ки/л или 3,7·10⁵ Бк/л, но менее 1 Ки/л (3,7·10¹⁰ Бк/л), высокоактивные (более 1 Ки/л или 3,7·10¹⁰ Бк/л).

Низкоактивные ЖРО, как показал опыт эксплуатации, составляют до 70%, остальные 30% — это преимущественно среднеактивные; высокоактивные ЖРО на кораблях практически не образуются. К низкоактивным ЖРО относятся технологические среды ЯЭУ и промывочные воды реакторов, дезактивационные воды, сточные воды санитарных пропускников, прачечных и т.д.

Среднеактивные ЖРО образуются при проведении технологических операций по обслуживанию корабельных ЯЭУ (промывка контуров установок, дезактивация съемного и несъемного оборудования, отбор проб из контуров и их анализ, замена сорбента фильтров активности и др.). Например, при перезарядке активной зоны одного реактора образуется до 400 м³ таких отходов с объемной активностью 10⁻⁸—10⁻⁴ Ки/л (3,7·10²—3,7·10⁶ Бк/л), а из фильтров активности при смене сорбентов — около 0,2 м³. Среднеактивные ЖРО с объемной активностью более 10⁻² Ки/л (3,7·10⁸ Бк/л) образуются, как правило, только при авариях ЯЭУ. В этом случае объем

Таблица 1

Объем затопленных в территориальных морях России радиоактивных отходов за период 1959—1993 гг.

Регион	ЖРО		ТРО	
	Объем, м ³	Активность на момент затопления, ТБк	Объем, м ³	Активность на момент затопления, ТБк
Северный	196160	838	30210	1851
Дальневосточный	146135	456	22053	930

Примечание. На момент затопления активность отходов соответствовала «типовой» смеси радионуклидов: 50% Co-60, 25% Sr-90, 25% Cs-137.

Таблица 2

Затопленные российские атомные подводные лодки и элементы их конструкций (на конец 2000 г.)

Регион	Вид РАО	Количество	Прогнозируемая суммарная активность, ТБк
Северный	Атомные подводные лодки (без «Курска»)	1	2665
	Реакторные отсеки	5	
	Реакторы	4	
	Экранная сборка	1	
Дальневосточный	Реакторы	6	4

* Суммарная активность по радионуклидам: Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Sr-90, Cs-134, Cs-137, Fe-55, Co-60, Ni-59, Eu-152, Eu-154, Bi-207, Bi-210m.

Таблица 3

Атомные подводные лодки (АПЛ) и атомные ледоколы (АЛ), выведенные из эксплуатации (на конец 2000 г.)

Регион	Тип корабля, судна	Количество АПЛ, АЛ		Суммарная активность*, ПБк	Место дислокации**
		общее	с невыгруженной активной зоной		
Северный	АПЛ	110	66	792	б. Б. Лопатка, б. Нерпичья, б. Ягельная, гб. Ара, гб. Двинская, гб. Йоканьга, гб. Оленья, гб. Палая, гб. Сайда, гб. Ура
	АЛ	2	0	21,6	з. Кольский
Дальневосточный	АПЛ	75	46	491	б. Б.Камень, б.Крашенинникова, б. Павловского, б. Постовая, б. Разбойник, б. Сельдевая

* Суммарная активность по радионуклидам: Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Sr-90, Cs-134, Cs-137, Fe-55, Co-60, Ni-59, Eu-152, Eu-154, Bi-207, Bi-210m.

** б. — бухта, гб. — губа, з. — залив.

отходов составляет 400—500 м³, иногда 1000 м³ и более с объемной активностью 1·10⁻² Ки/л (3,7·10⁸ Бк/л), при крупных авариях — до 4000 м³ ЖРО с суммарной активностью в 10—100 раз превышающей таковую для всех жидких отходов при безаварийной эксплуатации атомных подводных лодок. В среднем общий объем ЖРО от деятельности кораблей с ЯЭУ составляет 5000—14000 м³/г (без учета вод санпропускников и спецпрачечных).

При повседневной эксплуатации и, особенно, в период проведения ремонтных работ и ликвидации последствий аварий образуются твердые радиоактивные отходы различной степени активности.

К низкоактивным твердым радиоактивным отходам относятся: спецодежда, средства индивидуальной защиты, ветошь, инструмент, лесоматериалы, лабораторная посуда; к среднеактивным — парогенераторы, насосы, холодильники, корпуса фильтров активности, трубопроводы и другое оборудование; к высокоактивным ТРО — демонтируемое из реактора оборудование, стержни системы управления и защиты реактора, а также не подлежащее переработке отработавшее ядерное топливо.

После выгрузки из корабельных реакторов и выдержки в специальных береговых или плавучих хранилищах отработавшее ядерное топливо направляется на переработку (около 10% отработавшего ядерного топлива переработке не подлежит, это отработавшее топливо атомных подводных лодок с жидкометаллическими теплоносителями, отработавшие тепловыделяющие сборки с циркониевыми оболочками тепловыделяющих элементов, аварийные тепловыделяющие сборки). За последние 10—12 лет в связи с реализацией программы утилизации выводимых из эксплуатации атомных подводных лодок объемы ТРО увеличились в 2—2,5 раза.

Для обеспечения безопасного длительного хранения подводных лодок из реактора выгружается активная зона, вырезается реакторный отсек, формируется многоотсечный блок (для обеспечения плавучести) и в таком виде реакторный отсек переводится на длительное хранение на плавучесть. В настоящее время рассматривает-

ся возможность хранения реакторных отсеков на суше на специально оборудованных площадках.

Данные о выведенных из эксплуатации атомных подводных лодках и ледоколах с невыгруженной активной зоной по Северному и Дальневосточному регионам представлены в табл. 3.

Суда атомно-технологического обслуживания.

Для обслуживания кораблей и судов с ЯЭУ используются суда атомно-технологического обслуживания (САТО), в состав которых входят плавучие технические базы перезарядки реакторов и временного хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива, суда для сбора, хранения, переработки и транспортировки жидких радиоактивных отходов.

В настоящее время отдельные САТО с длительностью срока службы более 30-ти лет находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, и поэтому выведены из эксплуатации. Часть судов переведена в класс технических танкеров и используется в качестве временных хранилищ РАО, на некоторых из них хранятся твердые отходы и аварийные тепловыделяющие сборки. Потенциальная экологическая опасность в основном связана с поступлением радиоактивных отходов в морскую среду при аварийном затоплении. Основные характеристики САТО и имеющихся на них радиоактивных отходов приведены в табл. 4.

Погибшие атомные подводные лодки. За время эксплуатации в нашей стране атомных подводных лодок в результате аварий затонули четыре лодки (№ 261, № 460, «Комсомолец», «Курск») и одна дизельная подводная лодка с ядерным оружием на борту (К-129, проект 629А). Отметим, что только одна из них («Курск») погибла в территориальных водах России (поднята осенью 2001 года).

Динамика распространения радионуклидов в морской среде

Выход радионуклидов из радиоактивных отходов. Для объективной оценки распространения радионуклидов в морской среде очень важно знать время начала выхода их из РАО, а также иметь информацию о

Таблица 4

Плавающие объекты технологического обслуживания атомного флота (на конец 2000 г.)

Регион	Общее количество объектов	Объем ЖРО, м ³	Объем ТРО, м ³	Суммарная активность*, ТБк	Место дислокации
Северный	40	4400	295	137	б. М.Лопатка, гб. Двинская, гб. Йоканьга, гб. Оленья, гб. Палая, гб. Сайда, гб. Ура, з. Кольский
Дальневосточный	16	2807	182	70,6	б. Б.Камень, б. Крашенинникова, б. Павловского, б. Сельдевая

* Суммарная активность по радионуклидам Sr-90, Cs –137, Co-60.

наличии и устойчивости к разрушению защитных барьеров.

Затопление контейнеров с твердыми радиоактивными отходами не всегда сопровождается выходом радионуклидов. Их выход возможен только при разрушении защитной оболочки контейнера (сталь толщиной 3—5 мм) и заполнителей внутреннего объема контейнеров (бетон, асфальт или фурфурол). Анализ разрушения защитных барьеров и оценка выхода радионуклидов осуществлялась по специально разработанной методике ЦНИИ КМ «Прометей».

Слив жидких радиоактивных отходов в моря приводит к залповому выходу радионуклидов в морскую воду. Максимальное значение выхода соответствует активности сливаемых ЖРО, а уменьшение активности во времени связано с наличием течений в районах затопления. Для снижения концентрации ЖРО в морской воде их многократно разбавляли перед сливом, слив осуществляли на ходу судна в струю винтов для лучшего перемешивания с морской водой.

При выполнении расчетов выхода активности проводился анализ состояния РАО и рассматривалась возможность возникновения штатной или аварийной ситуации.

К штатной ситуации относится выход радионуклидов из ТРО вследствие коррозии стенок контейнеров, вымывания радионуклидов водой из объектов, контактирующих с морской водой, естественным путем через отверстия или при полном раскрытии объекта. Аварийные ситуации могут быть вызваны техногенными факторами (аварийное затопление объектов с РАО, пожар, самопроизвольная цепная реакция и т.д.) и природными факторами (разрушение контейнеров и упаковок под воздействием волнений моря, льда и т. д.).

Для решения долгосрочных задач по охране окружающей среды в рамках проекта был проведен анализ долгоживущих (более 2 лет) радионуклидов, оказывающих существенное влияние на экологическую обстановку в морях. Это актиниды (Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241), продукты деления (Sr-90, Cs-134, Cs-137), продукты активации (Fe-55, Ni-59, Co-60, Eu-152, Eu-154, Bi-207, Bi-210m). Значения активности источников РАО по этим радионуклидам хранятся в базе данных, что позволяет просчитывать ситуацию в любой момент времени.

Имея достоверную информацию об источниках радиоактивности, районе их расположения и состоянии защитных барьеров, можно с большой достоверностью прогнозировать начало выхода радионуклидов и определить скорость поступления их в морскую среду. Это крайне необходимо для оценки возможных последствий аварий.

Моделирование миграции радионуклидов. Для расчета и прогноза возможной миграции радионуклидов в воде разрабатывается «камерная» модель рассматриваемого региона на основе результатов модельных исследований переноса радиоактивности и гидрологических характеристик этого региона. В качестве «камер» могут выступать акватории, заливы, бухты, внутри которых перемешивание водных масс происходит намного быстрее, чем в прилегающих к ним участках моря.

Математическая модель, представленная системой дифференциальных уравнений, описывает концентрацию радионуклидов в «камерах» и позволяет проследить динамику изменения ее в каждой из рассматриваемых «камер». Модель дает возможность изучать перенос радионуклидов с водными массами, осаждение на взвеси, загрязнение донных отложений. Расчет содержания радионуклидов в «камерах» может выполняться по программам: «ArctRadD» (разработки НПО «Тайфун») и «Pechora» (РНЦ «Курчатовский институт»). Эти программы позволяют рассчитать концентрацию радионуклидов в воде при выходе их из источников РАО для любого региона в зависимости от сценария той или иной ситуации.

Особенности распространения радионуклидов в морской среде

Модельные исследования переноса радионуклидов из бухт Новой Земли и Новоземельской впадины по Карскому морю и океанографические данные послужили основой для оценки экологически значимых концентраций радионуклидов в водах Печорского моря.

Модели миграции радионуклидов в Карском и Печорском морях. Проведенные исследования позволяют утверждать, что лишь незначительная часть радионуклидов, вынесенных, например, из залива Цивольки, будет поступать в район Карских Ворот. В основном же они будут переноситься в северную часть



Схема течений в Карском море

Карского моря и далее или на запад к Шпицбергену, или на восток — в море Лаптевых, или на север, а из заливов Абросимова и Степового — к Карским Воротам, откуда частично в Печорское море и на юго-восток вдоль побережья материка (см. рисунок).

На основании анализа океанографических данных о распределении вод различного происхождения в Печорском море, скорости и направлении морских течений в Печорском и Карском морях с учетом динамической «камерной» модели Северного Ледовитого океана разработана «камерная» модель миграции загрязнителей из западной части Карского моря в Печорское. Модель состоит из трех камер: западная часть Карского моря (Новоземельская впадина, залив Новой Земли), Печорское море (север), Печорское море (юг).

В табл. 5 представлены вероятные источники за-

грязнения Печорского моря из числа имеющих в своем составе отработавшее ядерное топливо, которые могут оказывать наибольшее влияние на радиологическую обстановку моря (оценка с помощью гидродинамической модели Карского моря и схемы течений).

Расчет выхода радионуклидов из объектов, затопленных в Карском море. При расчете выхода активности рассматривается наиболее вероятный сценарий развития событий. В данном случае были сделаны следующие допущения: отсутствовал выброс радионуклидов в начальный момент, поступление в морскую воду продуктов деления и активации происходит за счет процессов выщелачивания и коррозии, защитное покрытие (фурфурол) сохраняет коррозионную стойкость в морской воде и незначительно разрушается под действием приливов, отливов, течений и т.д. В табл. 6 приведены расчетные данные времени предполагаемого на-

Таблица 5

Вероятные источники радиоактивного загрязнения Печорского моря

Объект	Год затопления	Место затопления	Глубина, м
Экранная сборка реактора ОК-150	1967	з. Цивольки	60
Контейнеры	1967	з. Цивольки	60
АПЛ № 285	1965	з. Абросимова	20
АПЛ № 901	1965	з. Абросимова	20
АПЛ № 421	1972	Новоземельская вп.	300
АПЛ № 601	1981	з. Степового	33

* Место затопления экранной сборки реактора ОК-150 по материалам отчета правительственной комиссии под руководством А.В. Яблокова, 1993 г. По сообщению Медицинской службы ВМФ, экранная сборка была затоплена в районе з. Литке (72°22'02" с.ш. и 55°32'54" в.д.).

Таблица 6

Предполагаемые сроки разрушения защитных барьеров и начала выхода радионуклидов (гипотетический сценарий)

Место затопления	Для актинидов и продуктов деления	Для продуктов активации
з. Цивольки	2330 г.	1967 г.
з. Абросимова	2065 г.	1965 г.
Новоземельская вп.	3000 г.	2070 г.
з. Степового	4390 г.	4060 г.

чала выхода радионуклидов из мест затопления в Карском море, в табл. 7 — скорости выхода радионуклидов.

Расчеты на следующее тысячелетие (программа «Решога») показали, что при наиболее вероятном варианте развития событий выход радионуклидов из Новоземельской впадины не создаст значимых, представляющих угрозу концентраций радионуклидов в Печорском море. Расчеты максимальных концентраций семи

радионуклидов, оказывающих наибольшее экологическое влияние, в воде Печорского моря за счет выхода радионуклидов из заливов Абросимова и Цивольки представлены в табл. 8.

Создание базы данных по результатам инвентаризации радиоактивных отходов

Для оценки влияния РАО на фактическую и прогнозируемую радиоэкологическую ситуацию в территориальных морях России проведена инвентаризация РАО, образующихся на всех этапах службы кораблей и судов с ядерной энергетической установкой, и создана база данных.

База данных содержит информацию, охватывающую весь срок существования кораблей и судов с ЯЭУ — от начала эксплуатации до полной утилизации. Информация по источникам возможного радиоактивного загрязнения окружающей морской среды включает выведенные из строя и предназначенные для утилизации атомные подводные лодки и атомные ледоколы, суда атомно-технологического обслуживания, береговые техниче-

Таблица 7

Рассчитанные максимальные скорости выхода радионуклидов из заливов Цивольки и Абросимова в Карское море

Радионуклиды	Продолжительность выхода, год	Максимальные скорости выхода радионуклидов, ТБк/год	
		из з. Цивольки	из з. Абросимова
Fe-55	100	$2,73 \cdot 10^{-11}$	$4,30 \cdot 10^{-11}$
Co-60	100	$7,85 \cdot 10^{-8}$	$1,30 \cdot 10^{-7}$
Sr-90	100	$1,40 \cdot 10^{-7}$	—
	200	—	$2,00 \cdot 10^{-7}$
Cs-137	100	$2,49 \cdot 10^{-6}$	—
	200	—	$2,70 \cdot 10^{-6}$
Pu-239	700	$4,50 \cdot 10^{-3}$	$3,90 \cdot 10^{-4}$
Pu-240	700	$1,60 \cdot 10^{-3}$	$3,30 \cdot 10^{-5}$
Am-241	400	$1,30 \cdot 10^{-3}$	—
	600	—	$8,10 \cdot 10^{-6}$

Таблица 8

Максимальные концентрации радионуклидов (в Бк/м³) в воде Печорского моря с момента начала их выхода из источников радиоактивных отходов в заливах Цивольки и Абросимова

Радионуклид	з. Цивольки			з. Абросимова			Продолжительность выхода (расчет, год)
	Время максимума выхода	Печорское море (север)	Печорское море (юг)	Время максимума выхода	Печорское море (север)	Печорское море (юг)	
Fe-55	1971 г.	$4,88 \cdot 10^{-3}$	$7,55 \cdot 10^{-4}$	1969 г.	$6,12 \cdot 10^{-3}$	$9,64 \cdot 10^{-4}$	50
Co-60	1973 г.	$1,01 \cdot 10^{-5}$	$1,71 \cdot 10^{-6}$	1971 г.	$1,40 \cdot 10^{-5}$	$2,40 \cdot 10^{-6}$	50
Sr-90	2360 г.	$7,83 \cdot 10^{-10}$	$1,41 \cdot 10^{-10}$	2110 г.	$1,14 \cdot 10^{-11}$	$2,07 \cdot 10^{-12}$	360
Cs-137	2360 г.	$1,26 \cdot 10^{-8}$	$2,27 \cdot 10^{-9}$	2095 г.	$2,99 \cdot 10^{-8}$	$5,44 \cdot 10^{-9}$	360
Pu-239	3290 г.	$1,79 \cdot 10^{-4}$	$3,29 \cdot 10^{-5}$	3025 г.	$4,69 \cdot 10^{-5}$	$8,59 \cdot 10^{-6}$	960
Pu-240	3290 г.	$1,45 \cdot 10^{-5}$	$2,66 \cdot 10^{-6}$	3025 г.	$9,60 \cdot 10^{-7}$	$1,76 \cdot 10^{-7}$	960
Am-241	2770 г.	$2,74 \cdot 10^{-7}$	$5,02 \cdot 10^{-8}$	2585 г.	$3,53 \cdot 10^{-10}$	$6,47 \cdot 10^{-11}$	960

ские базы хранения ЖРО и ТРО, сбросы ЖРО и затопленные объекты с радиоактивными отходами.

Данные постоянно обновляются, проводится сравнительный анализ с ранее полученными сведениями, а также данными из других источников информации. Например, анализируются сведения по кораблям Военно-Морского флота, поступающие от организаций, осуществляющих надзор за РАО на ВМФ, от предприятий-разработчиков ЯЭУ, исполняющих авторский надзор за эксплуатацией ЯЭУ, от ремонтно-технического предприятия «Атомфлот» по судам Мурманского морского пароходства, ОКБМ — разработчика ЯЭУ и ЦКБ «Айсберг» — проектировщика атомных ледоколов и плавучих технических баз.

В базу данных включены сведения по активности долгоживущих радионуклидов (более 2 лет) объектов РАО, используемые при решении долгосрочных задач экологии.

Для исследования миграции радионуклидов и оценки влияния РАО на радиационную обстановку в морях из базы данных можно получить информацию по интересующим источникам возможного радиоактивного загрязнения морской среды, в том числе сведения о количестве и составе объектов РАО, находящихся в данном районе, составе и состоянии защитных барьеров между источником излучения и окружающей средой, активности основных радионуклидов (актиниды, продукты деления и активации) в заданный момент времени для объектов, находящихся в любом районе в определенный момент времени, сроках начала выхода основных радионуклидов из РАО и их скорости для различных сценариев развития ситуации в зависимости от состояния защитных барьеров между источником излучения и окружающей средой.

Отметим, что в работе не приводятся сведения о радиоактивных отходах, которые хранятся на береговых технических базах, но эту информацию можно получить на сайте WWW.lazurit.nnov.ru.

Заключение

На основе проведенных исследований создана база документально подтвержденных данных об объектах с радиоактивными отходами, образующимися в ходе эксплуатации атомного флота России. База данных позволяет

— более достоверно исследовать влияние РАО на радиационную обстановку в морях, омывающих терри-

торию России, и определить пути предотвращения опасных экологических последствий;

— провести оценку состояния РАО в море как отдельного объекта, так и совокупности их при нормальном и аварийном развитии событий на любой момент времени;

— оценить риск для населения, проживающего в прибрежных зонах в непосредственной близости от источников возможного радиационного загрязнения территориальных морей России кораблями и судами с ядерной энергетической установкой.

В работе принимали участие РНЦ «Курчатовский институт», ОКБМ, НИКИЭТ, ОКБ «Гидропресс», НПО «Тайфун» (соисполнители), а также эксперты из ВМФ, ГНЦ РФ ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, ЦНИИ КМ «Прометей», ЦКБ «Айсберг» и др.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации. Отчет Правительственной комиссии под председательством А.В. Яблокова, М., 1993.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Энергоатомиздат.
3. Кузин В.П., Никольский В.Н. Военно-морской флот СССР. 1945—1991 гг. С.-П.: Изд-во исторического морского общества, 1996.
4. Ascending the impact of deep sea disposal of lowlevel radioactive waste on levig marine resurces. Серия технических отчетов № 228. Вена: МАГАТЭ, 1988.
5. Информация из базы данных проекта МНТЦ № 101.
6. Разработка методик расчета скоростей разрушения защитных барьеров затопленных и плавающих объектов с ТРО и оценка выноса в окружающую среду вредных веществ. Технический отчет 11-74.97. ЦНИИ КМ «Прометей», 1997.
7. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами. СПО РО-85 МЗ СССР, СПиН 42-129-11-3938-85, 1985.
8. Александров Н.И. Утилизация, временное хранение и последующее захоронение АПЛ первого и второго поколения. С.-П.: ЦНИИ ТС, 1994.
9. Ковалевич О.М. и др. Атомная энергия, 1994, т. 76, вып. 2.
10. Лугавцев О.В. и др. Там же, 1994, т. 76, вып. 5.
11. Данилян В.А. и Высотский В.Л. Межд. конф. по утилизации АПЛ, 19—22 июля 1995, Москва.
12. Мазокин В.А. и др. Там же, 19—22 июля 1995, Москва.
13. Захаров В.М., Беликов А.Д., Петров О.И. Тез. докл. Межд. науч. семин. 24—26 ноября 1997, Москва, с. 28—30.