

Гигиеническая характеристика радиационной обстановки на акватории Ладожского озера при подъеме радиоактивно загрязненного опытового судна «Кит»

И.К. Романович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

В 1991 г. на акватории Ладожского озера был осуществлен подъем полузатопленного радиоактивно загрязненного судна, на котором в 1953–1954 гг. производились испытания новых видов радиологического оружия или боевых радиоактивных веществ. К началу проведения работ по подъему опытовое судно находилось на грунте в полузатопленном состоянии на глубине 4,5–6 м. Внутренние помещения судна содержали около 2000 м³ загрязненной радионуклидами воды и ила, смешанных с нефтепродуктами. Целью работы является гигиеническая оценка радиационной обстановки, сложившейся в месте стоянки судна до начала, в период и после судоподъемных работ, а также оценка радиационных рисков для населения региона. Оценка радиационной обстановки на судне и в месте его длительной стоянки выполнена на основе дозиметрических, радиометрических, спектрометрических и радиохимических исследований. Установлено, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на высоте 1 м от наружных поверхностей надстроек и верхней палубы судна в среднем составляла 0,14 мкЗв/ч и не превышала 0,30 мкЗв/ч. В месте стоянки судна выявлено повышение содержания стронция-90, цезия-137 и плутония-239, 240 в пробах воды, донных отложений и водорослей. Потенциальной радиационной опасности для населения региона данный объект не представлял. Однако некоторые лица из населения, несмотря на запрет, посещали судно для отдыха и рыбалки, и их потенциальная доза облучения могла достигать 0,5 мЗв/год. Судоподъемные работы включали: завод понтонов, герметизацию подводной части корпуса, откачку жидких радиоактивных отходов из судна в спецтанкеры, подъем судна и постановку его в транспортный плавучий док, очистку жидких радиоактивных отходов, сброс очищенных вод в акваторию Ладожского озера, отверждение оставшихся в помещениях судна жидких радиоактивных отходов. Проведенная очистка жидких радиоактивных отходов и тщательный радиационный контроль всех технологических процессов судоподъема не допустили гигиенически значимого ухудшения радиационной обстановки в бассейне Ладожского озера. Незначительное повышение уровня радиоактивности воды во время проведения работ по подъему судна было обусловлено, в основном, перемешиванием и подъемом донных отложений. Для предотвращения загрязнения радиоактивными веществами и нефтепродуктами объектов окружающей среды по маршруту транспортировки судна были выполнены следующие защитные мероприятия: 1) установка в плавдоке специального поддона, в который собирались вытекающие из судна жидкие радиоактивные отходы; 2) отверждение оставшихся в помещениях судна отходов; 3) частичная герметизация корпуса судна.

Ключевые слова: опытовое судно «Кит», испытания, радиологическое оружие, боевые радиоактивные вещества, радионуклиды, радиоактивное загрязнение, дозы облучения, очистка жидких радиоактивных отходов.

Введение

В 1991 г. на акватории Ладожского озера был осуществлен подъем радиоактивно загрязненного судна. Поднятое судно – это бывший немецкий эсминец Т-12 (водоизмещение полное 1082 т, длина 83,97 м, ширина 8,61 м, осадка 2,9 м), после репатриации переданный Балтийскому флоту и носивший название эскадренный миноносец «Подвижный». Из боевого состава флота

эскадренный миноносец «Подвижный» вывели в апреле 1953 г. и переформировали в несамоходное опытовое судно. В дальнейшем опытовое судно получило название «Кит» (далее ОС «Кит») и использовалось для испытаний новых видов радиологического оружия или боевых радиоактивных веществ (БРВ). Все испытания на судне проводились в районе Северо-Западного архипелага Ладожского озера между островами Хейнясенмаа,

Романович Иван Константинович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.
Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. E-mail: I.Romanovich@niir.ru

Макаринсаари и Кугрисаари. Непосредственно на ОС «Кит» в 1953–1954 гг. производились испытания с применением рецептур, содержащих радионуклиды ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$. Точные данные об исходном радионуклидном составе испытываемых рецептур отсутствуют.

По окончании испытаний в 1954 г. судно было оставлено на плаву у причала острова Кугрисаари и со временем в связи с потерей герметичности корпуса осело на грунт. В притопленном состоянии в акватории Ладожского озера ОС «Кит» пролежал до 1991 г. Летом 1991 г. судно было поднято аварийно-спасательной службой Ленинградской военно-морской базы и впоследствии переведено на временное хранение в одну из бухт архипелага островов Новая Земля. Возглавлял экспедицию контр-адмирал К.А. Тулин. Автору данной статьи, на то время капитану медицинской службы, адъюнкту кафедры военно-морской и радиационной гигиены Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, довелось участвовать в данной экспедиции в качестве врача-радиолога, а на время перехода к Новой Земле – еще и врача экспедиции.

ОС «Кит» являлся первым радиоактивно загрязненным судном, подлежавшим подъему с последующим переводом и постановкой на временное хранение. Опыта проведения такого рода радиационно опасных работ в СССР не было.

К началу проведения работ по подъему ОС «Кит» находилось на грунте в полузатопленном состоянии на глубине 4,5–6 м. Внутренние помещения судна содержали около 2000 м³ воды и ила, смешанных с нефтепродуктами. В надводном положении оставались только часть верхней палубы и надстройки. В подводной части корпуса судна имелись значительные повреждения.

Поводом для подготовки статьи стали публикации в Интернете и журналистские расследования [1–4] об опасном радиационном наследии 1940–1950-х гг. на территории Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона страны. Публикуемые в указанных источниках материалы опираются на отрывочные данные очевидцев или участников работ, без изложения данных инструментальных методов радиационного контроля, оценки радиационной опасности для населения региона.

Цель исследования – гигиеническая оценка радиационной обстановки, сложившейся в месте стоянки ОС «Кит» до начала, в период и после судоподъемных работ, а также оценка радиационных рисков для населения региона.

Общая характеристика работ по подъему ОС «Кит» и его переводу на временное хранение

Работы по подъему опытового судна состояли из нескольких этапов: завод понтонов, герметизация подводной части корпуса, откачка жидких радиоактивных отходов из судна в спецтанкеры, подъем судна и постановка его в транспортный плавучий док, очистка жидких радиоактивных отходов (ЖРО), сброс очищенных вод в акваторию Ладожского озера, отверждение оставшихся в помещениях судна ЖРО (воды, нефтепродуктов) и ила.

Перед участниками работ была поставлена задача, чтобы все операции по удалению судна из акватории Ладожского озера не привели к ухудшению радиоэкологической обстановки в регионе и возрастанию радиаци-

онных нагрузок на население. Загрязнение акватории и береговой черты озера могло произойти как при полной разгерметизации корпуса судна в период его подъема или постановки в док, так и при недостаточной очистке жидких радиоактивных отходов с последующим их сбросом в акваторию.

Требования к эффективности технологического процесса очистки жидких радиоактивных отходов определялись исходным состоянием очищаемой среды и необходимостью снижения содержания радионуклидов в среде ниже допустимой концентрации (ДКБ), в соответствии с таблицей 8.1 НРБ 76/87. Кроме того, необходимо было предусмотреть возможность радиационного контроля очищенной воды перед сбросом.

Технологический процесс подъема ОС «Кит» проходил следующим образом. К борту судна были подведены два понтона. Для заведения строп от понтонов под килем ОС «Кит» были промыты туннели. Далее были проведены работы по герметизации подводной части корпуса с помощью накладок на основе эпоксидных смол. Подъем судна и откачка содержимого его трюмов происходили одновременно. Откачка ЖРО проводилась в два спецтанкера: ТНТ-25 и МТНТ-603. Подъем судна осуществлялся за счет подведенных понтонов и плавучего крана. Скорость откачки ЖРО и подъем судна проводили с таким расчетом, чтобы из-за негерметичности ЖРО не выливались из судна в акваторию озера, а вода Ладожского озера не поступала в трюмы судна, увеличивая тем самым количество ЖРО.

Технология глубокой очистки ЖРО была разработана и проведена Героем Советского Союза капитаном первого ранга В.К. Булыгиным. Она заключалась в откачке ЖРО сначала в спецтанкеры ТНТ-25 и МТНТ-603, далее очистке ЖРО как от радионуклидов, так и от нефтепродуктов на установленной на палубе ТНТ-25 ионообменной установке. После очистки вода сливалась сначала в водоналивную баржу и после радиационного контроля сливалась из баржи в акваторию Ладожского озера в районе стоянки ОС «Кит». С целью определения эффективности работы ионообменной установки и необходимости замены ионообменных фильтров 1 раз в 4 часа проводился радиационный контроль очищенной воды на выходе из установки.

Непосредственно после подъема, т.е. после придания плавучести, ОС «Кит» было заведено в транспортный плавучий док ТПД-9. Для предупреждения радиоактивного загрязнения плавдока и объектов окружающей среды вытекающими жидкими радиоактивными отходами и оставшимися нефтепродуктами из-за негерметичности корпуса из опытового судна был изготовлен специальный поддон по всей длине и ширине ОС «Кит», который был установлен в ванне дока. В период до отверждения ЖРО и герметизации корпуса опытового судна вытекающие из него жидкие радиоактивные отходы собирались в поддоне и затем откачивались в спецтанкер.

Кроме того, для предупреждения разноса радиоактивных веществ контактным путем поверхности опытового судна «Кит» были несколько раз покрыты антикоррозионным защитным аккумулялирующим полимерным составом. Это позволило почти полностью зафиксировать имеющееся на открытых поверхностях радиоактивное загрязнение. Отверждение оставшихся в трюмах судна ЖРО, нефтепродуктов и ила производилось способом бетони-

рования путем смешивания с цементом. Отверждение отходов, как и герметизация корпуса судна, производилась силами участников экспедиции.

Перевод радиоактивно загрязненного ОС «Кит» к месту временного хранения в бухте островов Новая Земля осуществлялся на транспортном плавучем доке ТПД-9 через Беломорско-Балтийский канал.

Организация, объем и методы исследований

В мае – августе 1991 г. специалистами медицинской и химической службы Ленинградской военно-морской базы, войсковых частей 27177-В, 99795, 88 Центральной медицинской лаборатории ВМФ (ЦМЛ ВМФ), санитарно-эпидемиологического отряда Ленинградской Военно-морской базы (СЭО ЛенВМБ), НПО «Радиевый институт» им. В.Г. Хлопина и Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова выполнены исследования радиационной обстановки на ОС «Кит» и в районе отстоя судна в Ладожском озере. Анализ фактической радиационной обстановки проводился по результатам измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения, радиоактивного загрязнения поверхностей и удельной активности проб трюмных вод, ила, озерной воды, донных отложений и водорослей.

Для гигиенической оценки радиационной обстановки на судне и в месте его длительной стоянки использовались дозиметрические, радиометрические, спектрометрические и радиохимические методы исследования.

Для измерения гамма-излучения применялась аппаратура радиационного контроля, как штатная корабельная (КРБГ-1, КДГ-1), так и нештатная (СРП-68-01, СРП-68-02, ДРГ-01Т1, ИМД-12). До начала работ и после подъема по всей поверхности судна СРП-68-01 и КРБГ-1 проведена сплошная гамма-съемка, составлена картограмма с точками замера МЭД и поверхностного загрязнения. Всего на корпусе судна и в дальнейшем в плавдоке было выделено более 30 точек измерений.

Отбор проб и их подготовка к исследованиям осуществлялись по общепринятым методикам [5–8]. Донные отложения и водоросли отбирались с помощью водолазов и донных трубок на глубине до 20 м.

Определение объемной (удельной) суммарной α - и β -активности проб проводилось на радиометрической установке малого фона УМФ-1500М и КРК-1 относительным методом в толстом, промежуточном и тонком слоях по общепринятым методикам и в соответствии с инструкцией по эксплуатации приборов [5–9].

Исследование изотопного состава и удельной активности отдельных радионуклидов в объектах окружающей среды и поверхностного загрязнения проводилось методами гамма-спектрометрии и радиохимии.

Гамма-спектрометрические исследования проб внешней среды выполнялись на спектрометрах с полупроводниковым германий-литиевым и сцинтилляционным NaI(Tl) детекторами, а также на корабельном спектрометре КС-100 [9].

Радиохимические методы использовались для определения в пробах активности альфа-излучающих радионуклидов, ^{137}Cs и ^{90}Sr . Исследования проводились в соответствии с «Методическими рекомендациями...»* и по стандартным методикам [9]. Как правило, количество проб воды, донных отложений и водорослей для определения удельной активности радионуклидов стронция и цезия составляло не менее трех на разных расстояниях от судна. Определение удельной активности $^{239,240}\text{Pu}$ выполнено специалистами НПО «Радиевый институт» им. В.Г. Хлопина [10].

Доза внешнего облучения для критической группы лиц из населения оценена расчетным методом, исходя из зарегистрированной мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в конкретном месте и времени пребывания человека в данном месте.

Расчет доз внутреннего облучения проводился согласно справочникам [11, 12].

3. Радиационная обстановка на ОС «Кит» и на акватории Ладожского озера в месте его длительной стоянки

По данным обследований, мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в 10 см от наружных поверхностей надстроек и верхней палубы ОС «Кит» колебалась от 20 до 380 мкР/ч (от 0,2 до 3,8 мкЗв/ч), а на высоте 1 м в среднем составляла 14 мкР/ч и не превышала 30 мкР/ч. Уровни гамма-излучения над водной поверхностью затопленной части ОС «Кит» и от подводной части корпуса варьировались от 4 до 16 мкР/ч.

Надстройка и не скрытая водой палуба судна имели радиоактивное загрязнение. Степень загрязнения составляла: по бета-излучению от 5 до 100 Бк/см² с локальным повышением до 90 000 Бк/см²; по альфа-излучению до 2 Бк/см². Общая объемная бета-активность ($A_{\text{об}}$) воды внутренних помещений судна и нефтепродуктов, содержащихся на поверхности воды, составляли от 0,02 до 1,9 кБк/л, ила (на сухой вес) – до 720 кБк/кг, лакокрасочных покрытий и продуктов коррозии палубы и бортов судна – до 17 200 кБк/кг. Общая альфа-активность этих сред составляла от 0,007 до 5,5 кБк/л (кг). Бета-активность проб, в основном, определялась ^{90}Sr , а альфа-активность – $^{239,240}\text{Pu}$. Содержание ^{137}Cs в этих пробах было примерно на порядок ниже ^{90}Sr [13].

Следовательно, содержащиеся в помещениях судна вода, нефтепродукты, ил и сам корпус судна, в соответствии с НРБ-76/87, были квалифицированы как радиоактивные отходы и подлежали удалению из акватории Ладожского озера.

Для оценки влияния ОС «Кит» на радиационную обстановку непосредственно в месте стоянки судна и в данном регионе до начала и в процессе судоподъемных работ были проведены исследования и оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды.

До начала проведения судоподъемных работ выявлено повышение содержания ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в пробах воды, донных отложений и водорослей непосредственно в месте стоянки судна (табл. 1). При удалении от объекта

* Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. Под ред. А.Н. Марее и А.С. Зыковой. М., МЗ СССР, 1980. – 336 с. [Guidelines for sanitary control on the content of the radioactive material in environmental objects. Edited by A.N. Marey and A.S. Zyкова., МЗ СССР, 1980. – 336 p.]

Таблица 1

Содержание радионуклидов в акватории Ладожского озера до проведения работ по подъему ОС

[Table 1

Content of radionuclides in the water area of the Ladoga Lake before works on the experimental vessel salvaging]

Объекты внешней среды [Environmental objects]	Контролируемые параметры [Controlled parameters]	Содержание радионуклидов, Бк/л (кг) [Content of radionuclides, Bq/l (kg)]			
		Расстояния от ОС [Distance from experimental vessel]			
		В месте стоянки ОС «Кит» [place of the vessel berthing]	50 м	200 м	500 м
Вода озерная [Water of Lake]	$A_{\text{об}}$	1,04±1,26	0,74±1,21	0,76±1,20	0,74±1,20
	^{90}Sr	0,04±0,006	0,02±0,004	0,02±0,003	0,02±0,003
	^{137}Cs	0,004±0,0005	0,0037±0,0006	0,004±0,006	0,0033±0,0004
	$^{239,240}\text{Pu}$	0,000095±0,000025	–	0,00002±0,00004	–
Донные отложения (сухая масса) [Bottom sediments (dry mass)]	^{90}Sr	74±14,3	13,7±17	–	–
	^{137}Cs	58±13,4	8,9±13	–	–
Водоросли (сухая масса) [Algae (dry mass)]	^{90}Sr	1915±1300	507±148	–	7,4±14
	^{137}Cs	655±124	296±13	–	44,4±12

на 50 м и более содержание радионуклидов в пробах воды и донных отложений оставалось стабильным и не отличалось от многолетних наблюдений для Ладожского озера [10, 14]. Удельная активность радионуклидов в водорослях оставалась повышенной на больших расстояниях от судна и имела неравномерный характер в зависимости от расстояния, что могло быть связано с гидрологическими особенностями района стоянки ОС, технологией проводимых ранее испытаний, отбором проб между прилегающими островами, на которых размещались радиологические лаборатории и на которых также выявлено радиоактивное загрязнение [15].

Полученные данные по уровням поверхностного загрязнения корпуса ОС «Кит», удельной активности сред, содержащихся в его помещениях, мощности дозы гамма-излучения от надводной части бортов и палубы, а также площади и уровням загрязнения радионуклидами воды, донных отложений и водорослей в месте отстоя судна использованы нами для оценки опасности для населения Приладожья нахождения в акватории Ладожского озера этого радиоактивно загрязненного объекта.

Оценка радиационного риска производилась для следующих категорий лиц и ситуаций облучения:

- населения ближайшего населенного пункта;
- населения, проживающего в населенных пунктах Приладожья, для которых Ладожское озеро является источником питьевого водоснабжения;
- для населения Приладожья, употребляющего рыбу, выловленную в Ладожском озере (пищевая цепочка «вода – рыба – человек»);
- для отдельных лиц из населения, посещавших ОС «Кит» и занимавшихся рыболовством непосредственно в месте стоянки судна (критическая группа).

Расстояние от места стоянки на акватории Ладожского озера ОС «Кит» до ближайшего населенного пункта (районный центр г. Приозерск с численностью населения 25 тыс. человек) – около 30 км по воде Ладожского озера. Следовательно, непосредственного влияния на население близлежащих населенных пунктов ОС «Кит» как ис-

точник гамма-излучения не оказывал. Однако Ладожское озеро является источником водоснабжения практически всех городов в районе Приладожья и города Санкт-Петербурга. Кроме того, в Ладожском озере осуществляется рыбный промысел. Распространение радионуклидов выявлено на расстояниях не более 500 м от судна, а точки водозабора находятся на расстоянии не менее 25 км от места стоянки ОС «Кит». Район стоянки ОС «Кит» входил в зону отчуждения, где рыболовство, туризм и другие виды рекреационной деятельности населения были запрещены [10]. Следовательно, дополнительному техногенному облучению, по состоянию на 1991 г., население, проживающее в районе бассейна Ладожского озера, за счет ОС «Кит» не подвергалось. Даже если бы население круглогодично потребляло воду, отобранную непосредственно в месте стоянки опытового судна, а вся рыба, выловленная в Ладожском озере, нагуливалась бы вес в этом же месте, то доза облучения за счет потребления питьевой воды и употребления в пищу рыбы не превысила бы 20 мкЗв/год. При оценках внутреннего облучения средние значения концентраций радионуклидов в пресной воде принимались равными: для ^{90}Sr – 0,04 Бк/л; ^{137}Cs – 0,004 Бк/л; $^{239,240}\text{Pu}$ – 0,0001 Бк/л. Расчет производился для стандартного (по НРБ-76/87) водопотребления (800 кг/год) и годового потребления рыбы 20 кг/год. Средние значения коэффициентов накопления радионуклидов в мышечной ткани рыбы для данной акватории по результатам длительных радиэкологических наблюдений принимались для: ^{90}Sr – 10, ^{137}Cs – 1000. Вклад $^{239,240}\text{Pu}$ не учитывался ввиду его крайне низких концентраций в воде и незначительных коэффициентов накопления в мышечной ткани рыбы [14].

Несмотря на запрет рыболовства и посещения района стоянки ОС «Кит», отдельные лица из населения высаживались на опытовое судно и занимались рыболовством непосредственно в месте стоянки судна. Максимальная потенциальная доза облучения этой критической группы населения могла достигать 0,5 мЗв/год. Основная доля от указанной дозы обусловлена внешним гамма-излучением

ем. Расчет максимальных потенциальных доз облучения для группы населения, посещавшей ОС «Кит», произведен, исходя из максимальной мощности экспозиционной дозы гамма-излучения 30 мкР/ч на высоте 1 м от палубы судна и предположения, что отдельные лица из населения по два выходных дня в неделю с мая по сентябрь включительно посещали для отдыха и рыболовства место стоянки опытового судна (50 суток) и находились на судне 24 ч в сутки. Кроме того, этими лицами было выловлено и съедено 50 кг рыбы и выпито 110 л воды.

Таким образом, ОС «Кит» по состоянию на 1991 г. не представляло радиационной опасности и не обуславливало существенную дозовую нагрузку для населения региона. Дополнительному техногенному облучению могли подвергаться только отдельные лица из населения, нарушавшие запрет на посещение опытового судна. Дополнительная дозовая нагрузка могла достигать 0,5 мЗв/год, что не превышало дозового предела для населения, установленного НРБ-76/87. Отметим, что наши расчеты не учитывают уровней радиоактивного загрязнения данной акватории с момента проведения испытаний до начала судоподъемных работ в 1991 г.

4. Радиационная обстановка на акватории Ладожского озера в период проведения работ по подъему ОС «Кит» и по их завершении

Во время проведения судоподъемных работ в 1991 г. отмечалось как повышение общей объемной β -активности воды на месте стоянки судна до 59 Бк/л, так и повышение объемной активности радионуклидов ^{90}Sr до 0,43 Бк/л и ^{137}Cs до 0,34 Бк/л. С удалением от опытового судна концентрация радионуклидов постепенно снижалась и на расстоянии 500 м, в основном, не превышала значений, установленных до начала судоподъема.

Повышение содержания радиоактивных веществ в воде во время проведения работ, в основном, было связано с сильным взмучиванием донных отложений, а также в некоторой степени со сбросом очищенной воды. Это подтверждается результатами исследований, проведенных в различные периоды судоподъемных работ. Так, при промывке туннеля под опытовым судном для завода строп понтонов объемная β -активность воды в среднем составила 66,6 Бк/л, в момент подъема ОС – 20 Бк/л, во время сброса очищенной воды из баржи – 7,78 Бк/л.

Оперативный контроль уровня очистки ЖРО, перекачанных с ОС «Кит» в танкеры, и оценка возможности слива очищенной воды, находящейся в барже, в акваторию Ладожского озера проводилась по суммарной объемной β -активности. Руководителем экспедиции, по предложению главного радиолога Ленинградской военно-морской базы, был утвержден контрольный уровень объемной β -активности очищенной воды, равный 15 Бк/л. При превышении контрольного уровня содержания β -излучающих радионуклидов в очищенной воде ($A_{\text{об}\beta} \leq 15$ Бк/л) руководителем экспедиции выдавалось разрешение на сброс очищенной воды из баржи в акваторию Ладожского озера. Кроме того, в очищенной воде контролировалось также содержание радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs . Однако из-за большой длительности исследования удельной активности данных радионуклидов полученные результаты использовались только для отчета о проведенной работе и анализе степени очистки ЖРО от радионуклидов.

В таблице 2 приведены средние значения содержания радионуклидов в очищенной воде, предназначенной для сброса в акваторию Ладожского озера. Из таблицы видно, что концентрация радионуклидов была значительно ниже ДКБ (таблица 8.1 НРБ-76/87). Следовательно, вода, предназначенная для сброса из баржи в акваторию Ладожского озера, не относилась к радиоактивным отходам и, в соответствии с НРБ 76/87, могла быть сброшена в открытый водоем.

Таблица 2

Средние значения объемной активности радионуклидов в сбрасываемой в Ладожское озеро воде после очистки ЖРО, Бк/л

[Table 2]

Average value of volume activity of water discharged in the Ladoga Lake after liquid waste remediation]

Контролируемые параметры [Controlled parameters]	Сбрасываемая вода [Discharged water]	ДКБ [Statutory levels of contaminants]
Аоб β	12,3	–
^{90}Sr	9,8	14,8
^{137}Cs	2,0	555

После окончания всех судоподъемных работ и удаления ОС «Кит», в месте отстоя радиоактивно загрязненного судна произошло снижение содержания радионуклидов в воде и донных отложениях. В пробах, отобранных через 7 суток после завершения работ, концентрация радиоактивных веществ в воде, в основном, была сопоставима с активностью до начала судоподъема. По данным исследований, проведенных в 1991–1992 гг. и 2001 г. специалистами НПО «Радиевый институт» им. В.Г. Хлопина, содержание радионуклидов ^{90}Sr в донных отложениях и воде Ладожского озера в месте бывшей стоянки ОС «Кит» существенно снизилось. В августе 1991 г. (примерно через месяц после подъема ОС «Кит») содержание ^{90}Sr в воде Ладожского озера в районе бывшей стоянки ОС «Кит» составляло 0,023–0,025 Бк/л, то в 2001 г. оно снизилось до 0,009–0,013 Бк/л [10].

Таким образом, предварительная регламентация допустимого сброса и правильно организованное проведение радиационного контроля и радиозэкологического мониторинга в процессе глубокой очистки жидких радиоактивных отходов с ОС «Кит» обеспечили успешное выполнение главного требования радиозэкологической безопасности работ – недопущение гигиенически значимого ухудшения радиационной обстановки в бассейне Ладожского озера. Повышение уровня радиоактивности воды во время проведения работ по подъему опытового судна было обусловлено, в основном, перемешиванием и подъемом донных отложений.

5. Радиационная обстановка на ОС «Кит» после подъема и в транспортном плавдоке при его переводе и постановке на временное хранение

После откачки ЖРО и подъема ОС «Кит» мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в большинстве помещений судна составляла от 20 до 340 мкР/ч и только во втором машинном отделении достигала 5 мР/ч.

Снаружи вплотную к бортам корпуса судна уровень гамма-излучения составлял от 11 до 600 мкР/ч (в сред-

нем 180 мкР/ч), а на расстоянии 1 м от корпуса не превышал 60 мкР/ч. Поверхностное β -загрязнение наружных поверхностей, находившихся под водой, было значительно ниже, чем незатопленных поверхностей, и колебалось от 0,2 до 54 Бк/см².

В помещениях судна после откачки ЖРО осталось около 75 м³ ила суммарной активностью около $2,5 \times 10^{10}$ Бк и примерно 8 м³ нефтепродуктов суммарной активностью $8,7 \times 10^6$ Бк. Их отверждение осуществлялось методом цементирования.

Радиационная обстановка на ТПД-9 в период перехода и постановки опытового судна на хранение сохранялась нормальной. В жилых и служебных помещениях экипажа и на верхней палубе в носовой части транспортного плавдока уровни гамма-излучения не превышали фоновых значений, а радиоактивное загрязнение поверхностей не регистрировалось. В кормовой части верхней палубы плавдока наблюдалось повышение в 2 раза по сравнению с фоном МЭД гамма-излучения (до 20 мкР/ч), а в ванной дока, между корпусом опытового судна и стенками плавдока уровни гамма-излучения составляли в среднем 340 мкР/ч. Кроме того, на палубе ТПД-9 в местах крепления трапов для перехода на ОС «Кит» регистрировалось незначительное β -радиоактивное загрязнение поверхностей, не превышавшее 1 Бк/см².

Заключение

В 1990–1991 гг. было принято решение о подъеме находящегося в притопленном состоянии вблизи одного из островов Ладожского озера радиоактивно загрязненного опытового судна «Кит». Потенциальной радиационной опасности для населения региона данный объект не представлял. Однако некоторые лица из населения, несмотря на запрет, посещали судно для отдыха и рыболовства, и их потенциальная доза облучения могла достигать 0,5 мЗв/год.

Проведенная очистка жидких радиоактивных отходов с опытового судна «Кит» и тщательный радиационный контроль всех технологических процессов судоподъема обеспечили успешное выполнение главного требования – недопущения радиационно-гигиенически значимого ухудшения радиационной обстановки в бассейне Ладожского озера. Повышение уровня радиоактивности воды во время проведения работ по подъему опытового судна обусловлено, в основном, перемешиванием и подъемом донных отложений. После удаления из акватории Ладожского озера радиоактивно загрязненного судна установлено двукратное снижение на протяжении десяти лет содержания ⁹⁰Sr в воде Ладожского озера в районе бывшей стоянки ОС «Кит».

При переводе и постановке на хранение радиоактивно загрязненного опытового судна радиационная обстановка в транспортном плавдоке сохранялась нормальной. Повышения уровней гамма-излучения и радиоактивного загрязнения в жилых и служебных помещениях ТПД-9 не зарегистрировано.

В результате установки в ванной дока специально-го поддона, в который собирались вытекающие из опытового судна жидкие радиоактивные отходы, а также отверждения оставшихся в помещениях судна отходов и частичной герметизации его корпуса, достигнуто предупреждение загрязнения радиоактивными веществами и нефтепродуктами объектов окружающей среды по маршруту транспортировки радиоактивно загрязненного судна.

Литература

1. Терешкин, В. «Грязная бомба» Ленинграда: Операция «Кит» на Ладого / Виктор Терешкин. – Режим доступа: http://bellona.ru/2015/04/09/kit_na_ladoge-2/#bio-58527 (дата обращения: 19.07.2016).
2. Медников, В. Одиссея опасного «Кита» / Виктор Медников // Тайны истории. – 2014. – № 28. – Режим доступа: <http://info.cake.dn.ua/odyssey-opasnogo-kita> (дата обращения: 19.07.2016).
3. Объект 230 ВМФ // Красная звезда. – 2014, 1 апр. (№ 33(11598); 2 апр. (№ 34(11599)).
4. Тарасов О. Чёрная быль Ладого / О. Тарасов // Ленинградская правда. – 1991. – 10 апр. №83(23125). – с. 3; 11 апр. №84(23126). – с. 3; 12 апр. №85(23127). – с. 3.
5. Березин, А.А. Методические основы исследования радиоактивности в практике санитарного надзора / А.А. Березин, А.А. Махненко. – Л., 1983. – 32 с.
6. Березин, А.А. Принципы и методика использования радиометрических установок в гигиенических исследованиях / А.А. Березин, А.А. Махненко. – Л., 1983. – 28 с.
7. Зыкова, А.С. Радиационно-гигиенические исследования в области охраны окружающей среды на некоторых предприятиях ядерно-топливного цикла / А.С. Зыкова, А.И. Рыжов, Е.Л. Телушкина // Гигиена и санитария. – 1985. – № 11. – С. 23–25.
8. Максимов, М.Т. Радиоактивные загрязнения и их измерение / М.Т. Максимов, Г.О. Оджагов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
9. Сборник методик по определению активности радионуклидов в объектах внешней среды и организме человека. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1990. – 206 с.
10. Агапов, А.М. Радиоактивное загрязнение водной системы река Нева – Ладожское озеро / А.М. Агапов [и др.] // Радиохимия. – 2003. – Т. 45, № 4. – С. 370–374.
11. Козлов, В.Ф. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф. Козлов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
12. Моисеев, А.А. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене / А.А. Моисеев, В.И. Иванов – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 293 с.
13. Захарченко, М.П. Радиация, экология, здоровье / М.П. Захарченко [и др.]. – СПб: Гуманитария, 2003. – 336 с.
14. Катков, А. Е. Введение в региональную радиоэкологию моря / А.Е. Катков. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 160 с.
15. Ткаченко, А.В. Радиационное обследование островов Хейнясенмаа в 2012 году / А.В. Ткаченко, В.Ю. Цветков. – Режим доступа: <http://www.ipkecol.ru/index.php/ekoinfo/publikatsii/radiatsionnoe-obsledovanie-ostrovov.html> (дата обращения: 16.06.2016)

Поступила: 20.07.2016

Романович Иван Константинович – доктор медицинских наук, профессор, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: I.Romanovich@niirg.ru

Для цитирования:

- Романович И.К. Гигиеническая характеристика радиационной обстановки на акватории Ладожского озера при подъеме радиоактивно загрязненного опытового судна «КИТ»// Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 6–13. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-3-6-13

Hygienic characteristics of radiation situation in the water area of The Ladoga Lake during salvaging of the radioactively contaminated experimental vessel “KIT”

I.K. Romanovich

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Abstract

In 1991, a salvage operation of the waterlogged radioactive contaminated vessel in the water area of lake Ladoga was carried out. In 1953-1954, new radiological weapons or new radiological warfare agent were tested on this vessel. By the beginning of works, the experimental vessel was on the ooze in the half-flooded condition at a depth of 4,5-6 meters. There were approximate 2000 m³ of contaminated water and silt, mixed with oil products inside the vessel. The aims of the study are to perform: 1) the hygienic assessment of radiation situation on the place of the vessel berthing before, during and after ship salvaging; 2) the radiation risk assessment for the population of the region. The assessment of the radiological situation on the board and at the place of the vessel berthing was carried out on the base of dosimetric, spectrometric and radiochemistry surveys. The gamma ray exposure rate at a height of 1 m from the superstructures and main deck outer surfaces was on average 0,14 μSv/h and it did not exceed 0,30 μSv/h. On the place of the vessel berthing, an increasing of concentrations of Sr-90, Cs-137, Pu-239,240 in samples of water, bottom sediments, and algae has been determined. Object posed no radiation hazard to the population of the region. However, some inhabitants, despite the ban, visited the vessel for recreation and fishing. Their potential exposure dose could reach 0,5 mSv/y. Ship salvaging included salvage pontoon launching, ship's bottom isolation, liquid waste pumping from the vessel to the special tanker, ship raising and dockage, liquid waste remediation, discharge of remediated water in the water area of lake Ladoga, solidification of liquid waste remained in the vessel's rooms. Liquid waste remediation and strict radiation control of each process prohibited significant hygienic degradation of the radiation situation in the water area of the lake Ladoga. An insignificant increasing of levels of radioactivity in water during the vessel salvaging was due to the mixing and raising of bottom sediments. For prevention of the environmental contamination by radionuclides and oil-products on the route of the vessel traffic, next protective measures were performed: 1) setting up in the floating dock special pallet wherein collected flowing out of the vessel liquid waste; 2) solidification of liquid waste remained in the vessel's rooms; 3) partly isolation of the vessel hull.

Key words: the experimental vessel Kit, trials, radiological warfare agent, radiological weapon, radionuclides, radioactive contamination, exposure doses, liquid waste remediation

References

1. “Dirty bomb” of Leningrad: Operation “Kit on Ladoga”. http://bellona.ru/2015/04/09/kit_na_ladoge-2/#bio-58527 (date of website visit: 19.07.2016) (in Russ.)
2. Odyssey of hazardous “Kit”. Mysteries of history, №28 July, 2014. <http://info.cake.dn.ua/odissey-opasnogo-kita> (date of website visit: 19.07.2016) (in Russ.)
3. Object 230 Navy. Red star, 2014, April 1-2, №33-34 (11598-11599).

Romanovich Ivan K.

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev.

Address for correspondence: Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

4. Tarasov O. Black fact of Ladoga. Leningradskaya Pravda, 1991, April 10-12, № №83(23125). – p. 3; №84(23126). – p. 3; №85(23127). – p. 3. (in Russ.) .
5. Berezin A.A., Makhnenko A.A. Methodic fundamentals of study of radioactivity in practice of sanitary surveillance, L., 1983, 32 p. (in Russ.)
6. Berezin A.A., Makhnenko A.A. Approaches and methods of using of radiometric facilities in hygienic surveys, L., 1983, 28 p. (in Russ.)
7. Zykova A.S., Ryzhov A.I., Telushkina E.L. Radiation-hygienic surveys in the field of environment protection in several nuclear fuel cycle enterprises. Gigiena i sanitariya – Hygiene and Sanitation, 1985, № 11, pp. 23-25. (in Russ.)
8. Maksimov M.T., Odzhagov G.O. Radiation contamination and its measurement, M., Energoatomizdat, 1989, 304 p. (in Russ.)
9. Collection of Methods on evaluation of radionuclides activity in environmental objects and human body, M., Voenizdat, 1990, 206 p. (in Russ.)
10. Agapov A.M., Belenkiy M.I., Gavrilov V.M., Gritchenko Z.G., Ivanova L.M. [et al.] Radioactive Contamination of the Neva River-Lake Ladoga Aquatic System. Radiokhimiya – Radiochemistry, 2003, Vol.45, No 4, pp. 370-374. (in Russ.)
11. Kozlov V.F. Handbook on radiation safety, M., Energoatomizdat, 1991, 352 p. (in Russ.)
12. Moiseev A.A., Ivanov V.I. Handbook on dosimetry and radiation hygiene, M., Energoatomizdat, 1990, 293 p. (in Russ.)
13. Zakharchenko M.P., Khavinson V.Kh., Onikienko S.B., Novozhilov G.N. Radiation, ecology, health, SPb, Gumanistika, 2003, 336 p. (in Russ.)
14. Katkov A. E. Introduction to regional radioecology of sea, M., Energoatomizdat, 1985, 160 p. (in Russ.)
15. Tkachenko A.V., Tsvetkov V.Yu. A radiation survey of the Kheinyasenmaa Islands in 2012. <http://www.ipkecol.ru/index.php/ekoinfo/publikatsii/radiatsionnoe-obsledovanie-ostrovov.html>. (date of website visit: 16.06.2016) (in Russ.)

Received: July 20, 2016

Romanovich Ivan K. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human WellBeing (Mira street, 8, St. Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru) **For correspondence**

For citation:

- **Romanovich Ivan K. Hygienic characteristics of radiation situation in the water area of the Ladoga lake during salvaging of the radioactively contaminated experimental vessel “KIT”. Radiatsionnaya gigiena – Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 3, pp. 6–13. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-3-6-13**