

УДК 551.46.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ УГРОЗУ, В ЗАЛИВЕ ОГА (НОВАЯ ЗЕМЛЯ, КАРСКОЕ МОРЕ)

^{1,2}Римский-Корсаков Н.А., ³Казеннов А.Ю., ³Кикнадзе О.Е.,
¹Пронин А.А., ¹Анисимов И.М., ¹Лесин А.В., ¹Муравья В.О.

¹ФГБУН «Институт океанологии имени П.П. Ширшова» Российской академии наук, Москва;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,
Москва, e-mail: nrk@ocean.ru;

³Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва,
e-mail: Kazennov_AY@nrcki.ru

В статье приведены некоторые результаты натурных исследований окружающей водной среды заливов восточного побережья Новой Земли в связи с затопленными в этом регионе потенциально опасными объектами, представляющими собой отходы эксплуатации атомного, в том числе ледокольного, флота. В процессе этих исследований использовались телеуправляемые и буксируемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА и БНПА), а также гидролокаторы бокового обзора (ГБО), разрабатываемые в ИО РАН. Для детализации информации о состоянии затопленных в 1960-х гг. аварийных объектов и эксплуатационных отходов в заливе Ога был использован глубоководный БНПА «Видеомодуль», включающий систему видео- и фотокамер, высокочастотный ГБО, глубомер, альтиметр, лазерный указатель масштаба, а также вспомогательное оборудование, обеспечивающее функционирование исследовательских систем. Изначально БНПА создавался для исследования глубоководных бентосных организмов и растений и морфологии рельефа океанского дна. Наблюдения в заливе Ога с использованием инструментальных технологий позволили идентифицировать подводные объекты, существование которых было известно лишь по архивным данным. Контроль состояния объектов обеспечивался с помощью гамма-спектрометров серии РЭМ, разработанных в НИЦ «Курчатовский институт».

Ключевые слова: Карское море, Новая Земля, залив Ога, захоронения радиоактивных отходов, экологические угрозы

Исследования проведены в рамках Государственного задания ИО РАН по теме № FMWE-2021-0010. Экспериментальная часть выполнена за счет средств проекта РФФ № 23-17-00156.

ECOLOGICAL HAZARD OBJECTS RESEARCH RESULTS AT OGA BAY (NOVAYA ZEMLYA, KARA SEA)

^{1,2}Rimskiy-Korsakov N.A., ³Kazennov A.Yu., ³Kiknadze O.E.,
¹Pronin A.A., ¹Anisimov I.M., ¹Lesin A.V., ¹Muravya V.O.

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow;

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: nrk@ocean.ru;

³Kurchatov Institute National Research Center, Moscow, e-mail: Kazennov_AY@nrcki.ru

The article presents some results of field studies of the environmental assessment of the bays of the eastern coast of Novaya Zemlya in connection with potentially dangerous objects flooded in this region, which are the nuclear fleet operation waste products. In the course of these studies, technology was used based on remote-controlled and towed uninhabited underwater vehicles (ROV and UTSI), as well as side-view sonar (SSS) developed at IO RAS. To detail information about the condition of emergency facilities and operational waste flooded in 60 years at Oga bay, a deep-water UTSI "Video Module" was used. It is equipped with video and photo cameras, a high-frequency SSS, a depth gauge, an altimeter, a laser scale pointer, as well as auxiliary equipment that ensures the functioning of research systems. Initially, the UTSI was created to study deep-sea benthic organisms and plants and the morphology of the ocean floor relief. Observations in the Oga bay using instrumental technologies made it possible to identify underwater objects whose existence was known only from archival data. Monitoring of the condition of objects was provided using RAM-family gamma-ray spectrometers developed at the Kurchatov Institute Research Center.

Keywords: Kara Sea, Novaya Zemlya, Oga, radioactive waste hazards, environmental threats

The research was carried out within the framework of the State assignment of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences on topic No. FMWE-2021-0010. The experimental part was carried out at the expense of the Russian Science Foundation project No. 23-17-00156.

С началом широкого развития атомной энергетики в конце 1950-х гг. в мире остро встала проблема утилизации радиоактивных отходов (РАО). Одним из распространенных вариантов утилизации стал сброс

РАО в открытое море. В 1960-х – 1970-х гг. практика затопления радиоактивных отходов в Мировом океане была общепринятой для стран, развивающих использование ядерной энергии.

Советский Союз, а позднее Российская Федерация в 1957–1993 гг. осуществляли сброс РАО в арктических (Баренцево и Карское) и дальневосточных (Японское, Охотское и северо-западная часть Тихого океана) морях. Необходимость захоронения РАО в море была связана в основном с деятельностью Военно-морского флота и морских пароходств, имеющих атомный флот [1, 2].

В Карском море затоплялись твердые радиоактивные отходы (ТРО), атомные реакторы, в том числе с невыгруженными активными зонами – 4 реакторных отсека и экранная сборка атомного ледокола «Ленин», а также атомная подводная лодка (АПЛ) К-27. Затопления осуществлялись в заливах северного и южного островов Новой Земли, а также в Новоземельской впадине.

В 2004 г. экспедицией МЧС на НИС «Профессор Штокман» Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) [3] с помощью гидролокатора бокового обзора (ГБО) были картированы все основные затопленные здесь объекты и в первую очередь объекты, содержащие невыгруженное ядерное топливо [4]. В этой экспедиции обнаруженным объектам были присвоены порядковые номера, впоследствии утвердившиеся в отчетности МЧС России, ИО РАН и Национального исследовательского центра «Курчатовский Институт» (НИЦ КИ).

На рис. 1 представлена схема залива Ога, который является одним из заливов, насыщенных радиоактивными захоронениями.

Залив Ога – один из наименее изученных заливов архипелага Новая Земля. В разное время на дне залива было захоронено множество объектов. В табл. 1 представлен перечень объектов, затопленных в заливе: металлические контейнеры 1х1х1 м, судно (баржа типа МБСН-378250 – 40,0х9,3х4,1 м) и ТРО без упаковки.

Залив Ога имеет примерные размеры 24х8 км, субмеридиональное простираение и воронкообразную форму, расширяющуюся

к открытому морю [3]. Глубины залива Ога достигают 100 и более метров, превышая в кутовой части 130 м (рис. 1).

В заливе наблюдается значительная вертикальная изменчивость в направлении движения воды, в придонном слое перенос циклонической направленности происходит вдоль изобат. Интенсивность переноса при этом сильно различается, но преимущественно составляет около 5–10 см/с. Полученные результаты подтверждают наличие активного водообмена заливов Новой Земли с прилегающей акваторией Карского моря [5].



Рис. 1. Схема расположения основных элементов захоронения РАО в заливе Ога. Площадь, ограниченная прямоугольником, – район затопления ТРО по архивным данным [1]. Черной точкой обозначено основное место скопления объектов захоронения

Таблица 1

Перечень объектов, затопленных в заливе Ога

№	Наименование объекта	Координаты N/E	
		Широта, гг мм ммм	Долгота, гг мм ммм
Координаты объектов, захороненных в заливе Ога по архивным данным [1]			
2	Съемное оборудование, детали, инструменты, ИСЗ, ветошь и пр.	74°35,02'	59°15,12'
5	Металлическое оборудование, инструмент, помпы, ветошь и пр.	74°35'	59°14'
6	Отходы судоремонта СФ	74°35,05'	59°13,15'
7	Отходы судоремонта СРЗ «Нерпа»	74°35,033'	59°13,02'

На большей части площади дна залива распространены алевропелитовые осадки, на отдельных участках дна встречаются валунно-глыбово-глинистые отложения, вероятно ледникового происхождения. Рельеф дна сложный, расчлененный впадинами и возвышенностями. Поверхность дна осложняется положительными формами рельефа – выходами коренных пород в прибрежных склонах, в основном вокруг островов и в останцах. Относительная высота этих форм может достигать 30 м. На дне имеются также слегка вытянутые положительные формы рельефа относительной высотой до 20 м, размерами в плане от первых сотен метров до 1,5 км, предположительно следы ледниковой экзарации.

Результаты исследования и их обсуждение

Для подтверждения архивных данных и уточнения мест захоронений ТРО в заливе Ога в 64 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (АМК) была выполнена геофизическая гидролокационная съемка. На рис. 2 приведена схема съемки в заливе Ога. Съемка выполнена по сетке долготных галсов в месте наиболее вероятного нахождения (по архивным данным) объектов и элементов захоронения ТРО в виде контейнеров с эксплуатационными отходами атомных реакторов (АЛ), а также отдельных агрегатов и устройств АЛ и АПЛ. Съемка проведена на полигоне в центральной части залива между северной оконечностью острова Промысловый и бухтой Круглая (рис. 1). На рис. 2 представлен маршрут гидролока-

ционной съемки на полигоне, выполненной с помощью гидролокатора бокового обзора «Мезоскан-М» с рабочей частотой 78 кГц.

В результате геофизической гидролокационной съемки были обнаружены скопления объектов, которые можно однозначно идентифицировать как захоронения в виде отдельных объектов (ТРО без упаковки) и контейнеров с ТРО. На схеме (рис. 2) эти объекты обозначены красными точками. Зарегистрированы координаты объектов. Гидролокационное изображение центрального скопления элементов захоронения приведено на рис. 3.

Надо отметить, что это первое подтверждение архивных данных о захоронениях ТРО в заливе Ога. Захоронение обнаружено в зоне, указанной в архивных данных.

Обнаруженные объекты были обследованы визуально вначале с помощью видеосистемы буксируемого необитаемого подводного аппарата (БНПА) «Видеомодуль» [6], а затем с помощью ТНПА «Мираж», оборудованного гамма-спектрометром РЭМ-26 [7].

На рис. 4 приведены кадры видеозаписей, полученных с помощью БНПА «Видеомодуль». Целенаправленное обследование группы затопленных объектов, обнаруженной с помощью гидролокатора бокового обзора (ГБО) в заливе Ога и идентифицированной с помощью видеосъемки БНПА «Видеомодуль» на глубине от 75 до 80 м, было проведено с помощью ТНПА «Мираж». При этом было использовано специальное программно-математическое обеспечение, первоначально созданное для анализа донных сообществ с использованием АНПА «ММТ-3000» [8].

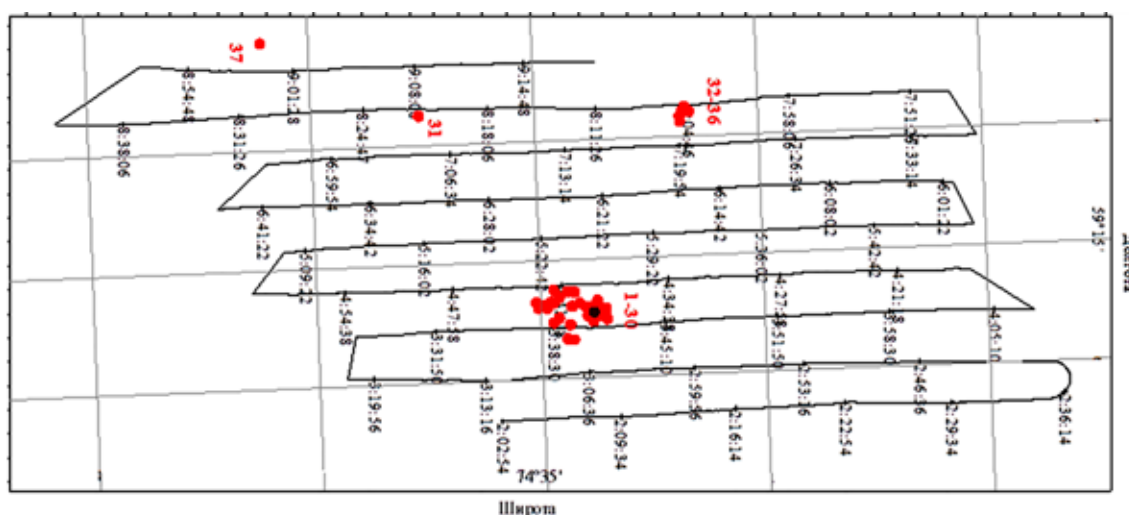


Рис. 2. Результаты геофизической гидролокационной съемки на полигоне Ога. На схеме показан маршрут съемки, места обнаруженных объектов (красные отметки с номерами) – контейнеров с ТРО и отходов эксплуатации АЛ, а также место отбора пробы грунта (черная отметка)

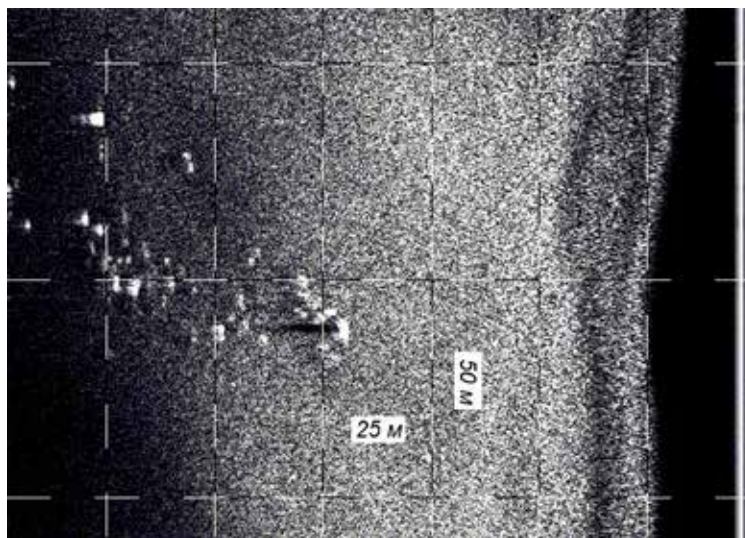


Рис. 3. Гидролокационное изображение основной группы объектов, составляющих комплексное захоронение ТРО в заливе Ога. Изображение получено с помощью гидролокатора бокового обзора «Мезоскан-М» с рабочей частотой 78 кГц, разработки ИО РАН. Шаг сетки графления 25x50 м.



Рис. 4. Видеоизображения подводных объектов – элементов захоронения ТРО, полученные с помощью видеосистемы БНПА «Видеомодуль» в заливе Ога. Слева контейнер, содержащий ТРО. Справа объект ТРО без упаковки – парогенератор

При визуальном осмотре на дне были найдены стандартные металлические контейнеры для ТРО и цилиндрические объекты диаметром ~1 м, напоминающие корпуса парогенераторов ПГ-13 АПЛ I поколения (рис. 4).

Осмотр объектов показал, что они покрыты слоем осадков толщиной от 5 до 20 см, на их поверхности отсутствуют следы явного коррозионного разрушения, обрастание незначительное. Все обнаруженные цилиндрические объекты (всего 6 шт.), похожие на ПГ АПЛ, расположены вертикально со значительным заглублением в донные осадки.

С помощью гамма-спектрометра, размещенного на ТНПА, были выполнены измерения уровней гамма-излучения на поверхности контейнеров. Характерный спектр и вид места измерения приведены на рис. 5.

Регистрация спектров гамма-излучения велась в режиме автономных измерений. Экспозиция единичного спектра была принята равной 50 с, суммарная экспозиция при измерениях на объекте – 150 с. Точки измерения располагались на грунте рядом с контейнером либо на верхней грани. На рис. 5 представлен спектр, зарегистрированный в наиболее показательной точке измерений.

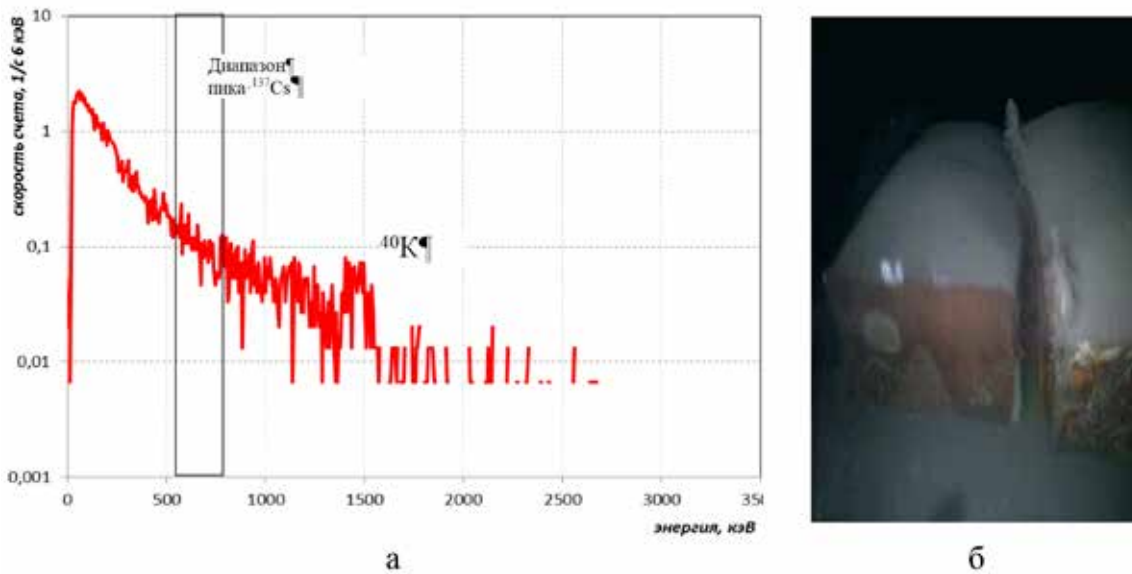


Рис. 5. Спектр гамма-излучения, зарегистрированный на поверхности контейнера в заливе Ога. Длительность измерения 150 с

Таблица 2

Удельная активность радионуклидов в пробах донных осадков, измеренная на станции (рис. 1–3) в точке основного скопления элементов ТРО в заливе Ога

Слой, см	Нуклид								
	Масса, г	A(¹³⁷ Cs), Бк/кг	A(⁴⁰ K), Бк/кг	A(²²⁸ Ac), Бк/кг	A(²¹² Pb), Бк/кг	A(²¹² Bi), Бк/кг	A(²⁰⁸ Tl), Бк/кг	A(²¹⁴ Pb), Бк/кг	A(²¹⁴ Bi), Бк/кг
Перемещенный слой	150,0	5 ± 2	730 ± 110	22 ± 9	40 ± 5	48 ± 13	15 ± 3	31 ± 7	27 ± 5
0–2	121,0	11 ± 3	730 ± 120	<МДА	39 ± 6	55 ± 13	10 ± 3	33 ± 7	33 ± 7
2–4	175,0	4 ± 2	920 ± 110	37 ± 10	47 ± 5	26 ± 8	12 ± 2	32 ± 7	25 ± 5
4–6	153,0	6 ± 2	900 ± 110	34 ± 10	43 ± 5	30 ± 10	12 ± 3	34 ± 8	39 ± 6
6–8	104,2	4 ± 3	620 ± 130	45 ± 14	50 ± 7	67 ± 17	13 ± 4	31 ± 9	16 ± 5

В зарегистрированном спектре отсутствуют следы техногенных радионуклидов (в частности, ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co). Уровень гамма-излучения определяется в основном естественным радионуклидом ⁴⁰K.

Всего в воде и грунте района затопления контейнеров гамма-спектрометром было зарегистрировано 35 спектров с экспозицией по 50 с. Ни в одном из этих спектров следов техногенной радиоактивности также не было выявлено. Следует отметить, что осмотр объектов проводился в дрейфе судна, чем и вызвано относительно небольшое время измерений.

В центре захоронений на полигоне в заливе Ога был отобран керн донного грунта с помощью трубки «Неймисто Н-2» диаметром 100 мм. Место отбора обозначено черной отметкой на рис. 2, то есть находится в центре основного скопления элементов захоронения ТРО.

Дозиметрический и спектрометрический контроль проб превышений фона не обнаружил.

Результаты последующего анализа проб в условиях береговой лаборатории приведены в табл. 2.

Заключение

Таким образом, полученные результаты осмотра, измерений, отбора и анализа проб [9] свидетельствуют о минимальном воздействии обнаруженных ППОО на окружающую морскую среду залива Ога.

Список литературы

1. Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П., Васильев А.П., Высоцкий В.Л., Губин А.Т., Данилян В.А., Кобзев В.И., Крышев В.И., Лавковский С.А., Мазокин В.А., Никитин А.И., Петров О.И., Пологих Б.Г., Скорик Ю.И. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию («Белая книга – 2000»). М.: ИздАТ, 2005. 624 с.
2. Айбулатов Н.А. Экологическое эхо холодной войны в морях Российской Арктики. М.: ГЕОС, 2000. 307 с.
3. Казеннов А.Ю., Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А. Экспедиционные исследования экологии морей Российской Арктики: монография. М.: ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2018. 307 с.
4. Ильин Г.В., Усягина Т.С., Касаткина Н.Е. Современная оценка радиоэкологического состояния среды Карского моря (по данным 2011–2013 гг.) // Экосистема Карского моря – новые данные экспедиционных исследований: материалы научной конференции. М.: АПР, 2015. С. 267–272.
5. Недоспасов А.А., Поярков С.Г. Особенности гидрофизической структуры в заливах южного острова архипелага Новая Земля и их водообмена с акваторией Карского моря // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XVIII международной научно-технической конференции. М.: ИО РАН, 2023. Т. 1. С. 150–154. DOI: 10.29006/978-5-6045110-8-4-2023.
6. Удалов А.А., Анисимов И.М., Муравья В.О., Лесин А.В., Кузьмин В.Ю., Залота А.К., Чикина М.В. Исследования донной фауны в 89 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» с использованием БНПА «Видеомодуль» // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XVIII международной научно-технической конференции. М.: ИО РАН, 2023. Т. 1. С. 155–158. DOI: 10.29006/978-5-6045110-8-4-2023.
7. Казеннов А.Ю., Кикнадзе О.Е., Калмыков С.А., Никитин А.О. Применение подводных высокочувствительных гамма-спектрометров при проведении радиационного мониторинга состояния подводных ядерно и радиационно опасных объектов // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XVIII международной научно-технической конференции. М.: ИО РАН, 2023. Т. 1. С. 172–176. DOI: 10.29006/978-5-6045110-8-4-2023.
8. Галкин С.В., Рыбакова Е.И., Боровик А.И., Михайлов Д.Н., Коноплин А.Ю. Исследование донных сообществ Антарктики с использованием автономного необитаемого подводного аппарата «ММТ-3000» // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XVIII международной научно-технической конференции. М.: ИО РАН, 2023. Т. 1. С. 259–262. DOI: 10.29006/978-5-6045110-8-4-2023.
9. Удалов А.А., Веденин А.А., Чава А.И., Шука С.А. Донная фауна залива Ога (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2019. Т. 59. № 6. С. 1028–1038. DOI: 10.31857/S0030-15745961028-1038.