

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

Н. А. Римский-Корсаков<sup>1</sup>, А. Ю. Казеннов<sup>2</sup>, О. Е. Кикнадзе<sup>2</sup>, А. А. Пронин<sup>1</sup>,  
И. М. Анисимов<sup>1</sup>, А. В. Лесин<sup>1</sup>, В. О. Муравья<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,  
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,  
e-mail: nrk@ocean.ru;*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,  
Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,  
e-mail: Kazennov\_AY@nrcki.ru*

В статье приведены 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 применялась технология на основе телеуправляемых и буксируемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА и БНПА), а также гидролокаторов бокового обзора (ГБО), разрабатываемых в ИО РАН. Для детализации информации о состоянии затопленных в 60-х годах аварийных объектах и эксплуатационных отходов в заливе Цивольки 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. Наблюдения в заливе Цивольки 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». Характер зарегистрированных гамма-спектров в целом соответствует результатам измерений, полученным при обследовании сборки в 2010 и 2015 гг., и свидетельствует о целостности внутренних защитных барьеров.

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

### Введение

С началом широкого развития атомной энергетики в конце 50-х годов в мире остро встала проблема утилизации радиоактивных отходов (РАО). Одним из распространенных вариантов утилизации стал сброс РАО в открытое море. В 60–70-х гг. практика затопления радиоактивных отходов в Мировом океане была общепринятой для стран, использующих ядерную энергию.

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 парокhodств, имеющих атомный флот (Сивинцев и др., 2005).

В Карском море затопливались 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) (Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2017; Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2018) с помощью гидролокатора бокового обзора (ГБО) были картированы все основные затопленные здесь объекты и в первую очередь объекты, содержащие невыгруженное ядерное топливо. В этой экспедиции обнаруженным объектам были присвоены порядковые номера (Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2017; Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2018), впоследствии утвердившиеся в отчетности МЧС России, ИО РАН и Национального исследовательского центра «Курчатовский Институт» (НИЦ КИ).

Одним из заливов, наиболее насыщенных радиоактивными захоронениями, является залив Цивольки.

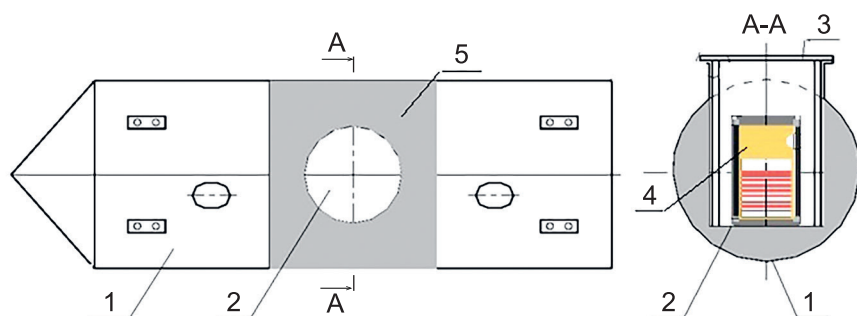


Рис. 1 – Схема расположения основных ППОО в заливе Цивольки

Залив Цивольки расположен на восточном берегу Северного острова архипелага. Он представляет собой достаточно глубоководный (до 100 м), далеко врезаемый в сушу фьорд, в кутовой части которого находится ледник Серп и Молот, спускающийся непосредственно к урезу воды. Вода залива хорошо стратифицирована. Температура и соленость меняются от поверхности ко дну. На поверхности температура 4.2 °С, в придонной области – –1.5 °С. Слой скачка наблюдается на глубине, начиная от 8 м и до 21 м. Отрицательная температура фиксировалась на глубине 20.5 м. Соленость изменялась от значения 25 ‰ на поверхности до 34 ‰ в придонной области.

Донные осадки залива Цивольки не отличаются разнообразием. И с некоторыми вариациями практически неизменны для всей площади. В диапазоне толщин 0–2 см это темно-серая водоносущая глина. Ниже – от 2 до 6–8 см – это плотная темно-серая глина, далее – от 6–8 см и до 25 см – это пластичная темно-серая глина. В редких случаях отсутствует слой плотной глины, сразу после разжиженного прослоя начинается слой пластичных глин. В ряде случаев в глинистых прослоях отмечается галька. Но в целом разрез остается практически неизменен.

Помимо объектов, содержащих в основном низкоактивные ТРО, по архивным данным предполагалось, что в заливе Цивольки затоплена экранная сборка (ЭС) реактора установки ОК-150 атомного ледокола (АЛ) «Ленин» с остатком отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) – 60 % от полного комплекта.



По материалам (Сивинцев и др., 2005), ЭС АЛ «Ленин» была затоплена в заливе Цивольки на глубине 50 м, по другим данным – вблизи залива Литке на глубине 10–50 м. Однако ни одна из двух экспедиций – ни Российско-Норвежская экспедиция 1993 г., ни Российская экспедиция 2002 г. – не обнаружила экранную сборку ни в одном из указанных мест. Известно (Сивинцев и др., 2005), что ЭС с частью ОЯТ реактора № 2 была размещена в специальном контейнере из нержавеющей стали, вваренном в центральную часть цилиндрического понтона из углеродистой стали. Схематическое изображение понтона с ЭС представлено на рисунке 2. Свободные объемы заполнены твердеющей смесью на основе фурфурола, а на контейнер

наварена крышка. Для поддержания допустимой радиационной обстановки вблизи понтона свободный объем его центральной части заполнен бетоном. Эта сборка содержит ~40 % всей активности объектов с ОЯТ, затопленных в Арктике. По оценкам проекта IASAP (МАГАТЭ) (Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Никитин В. С., 2015) и «Карское море (ЕС)» (Сивинцев Ю. В. и др., 2005) в 2300–2500 гг. она даст наибольший вклад в выход радионуклидов из-за коррозионного разрушения защитных барьеров и разгерметизации контейнера. По данным источника (Сивинцев Ю. В. и др., 2005) на 2000 г., активность ЭС АЛ «Ленин» составляет 1579 ТБк (42.7 кКи).

В 2004 г. экспедицией МЧС в заливе Цивольки (Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2017; Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2018) был обнаружен и закоординирован объект № 15 (рисунок 3а), который соответствовал по габаритам понтону с ЭС АЛ «Ленин»: «Объект правильной геометрической формы, возможно, контейнер, размерами 8×2.5 м и высотой над грунтом 4 м. Грунт – глинистые осадки – лежит на глубине 44 м». В глубине залива был обнаружен и также закоординирован объект № 16 (рисунок 3б), который соответствовал по конфигурации и габаритам паропроизводящей установке (ППУ) ОК-150 АЛ «Ленин» с тремя реакторами. Судя по гидролокационному изображению (рисунок 3б) объект состоит из двух частей, нижней – высотой 6 м и верхней – высотой 4 м. Глубина места вблизи объекта составляет 58 м.

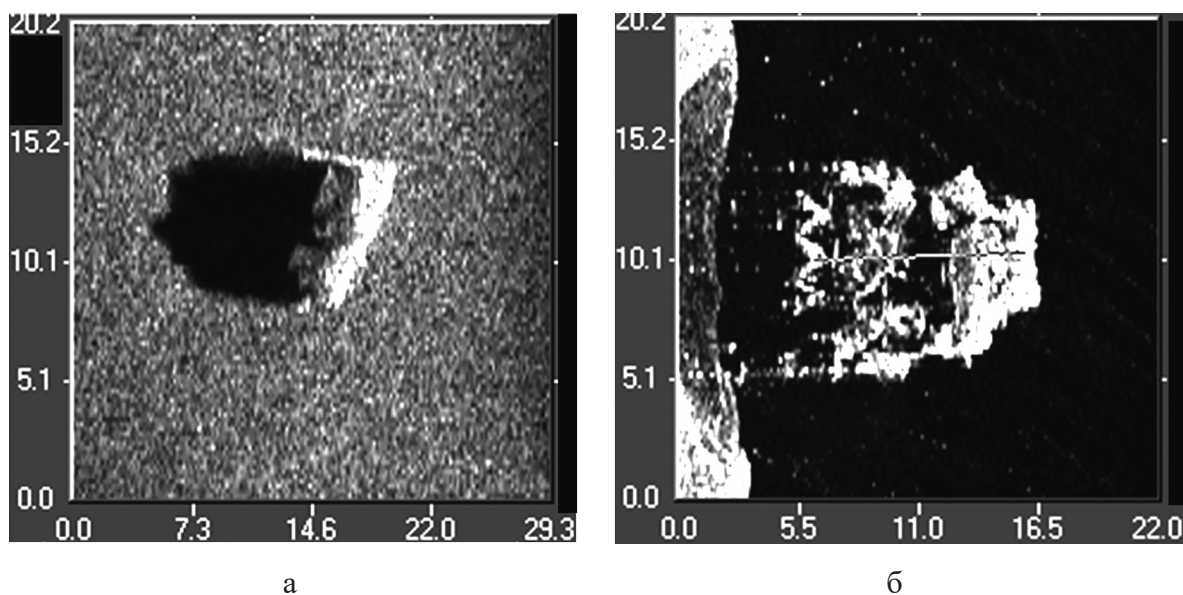


Рис. 3 – Гидролокационное изображение объектов № 15 (а) и 16 (б), полученное в 2004 г. в экспедиции МЧС России в заливе Цивольки с помощью гидролокатора бокового обзора S3000. Шкала на рисунке по горизонтали и вертикали проградуирована в метрах

Главной целью настоящих исследований состояния понтона с экранной сборкой АЛ «Ленин» было подтвердить местоположение объекта в известных координатах, визуально оценить степень разрушения механической конструкции понтона, а также

измерить радиационный фон на поверхности и вблизи понтона, что свидетельствовало бы о состоянии защитных барьеров, отделяющих собственно радиоактивное вещество – отработавшее ядерное топливо – от окружающей среды.

### Методы и результаты

Технология исследования районов арктических захоронений радиоактивных отходов (РАО), в том числе ядерных и радиационно-опасных объектов (ЯРОО), отработывалась в России в течение нескольких десятков лет в процессе морских экспедиционных работ в Карском, Баренцевом и Норвежском морях (Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2017; Казеннов, Нерсесов, Римский-Корсаков, 2018; Вялышев и др., 2019). Первоначально инициатором исследований было МЧС России, в ведении которого находится Реестр подводных потенциально опасных объектов (ППО). В этот период сложился межотраслевой коллектив (ИО РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Крыловский НИЦ, Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, НПО «Тайфун»), который под управлением и на средства, выделяемые МЧС России, выполнял экспедиционные исследования ППО и состояния окружающей их среды, в том числе ЯРОО и РАО в Арктике. Сознвая важность проблемы, Институт океанологии, начиная с 2016 г., по собственной инициативе продолжил исследования ППО в рамках тематики изучения арктических экосистем (Римский-Корсаков, 2011; Вялышев и др., 2007; Римский-Корсаков, Пронин, 2010; Флинт и др., 2018; Флинт и др., 2019). За эти годы сложились представления о методах и подходах к такого рода уникальным исследованиям, разработаны соответствующие технологии, включающие исследовательские методики и технические средства.

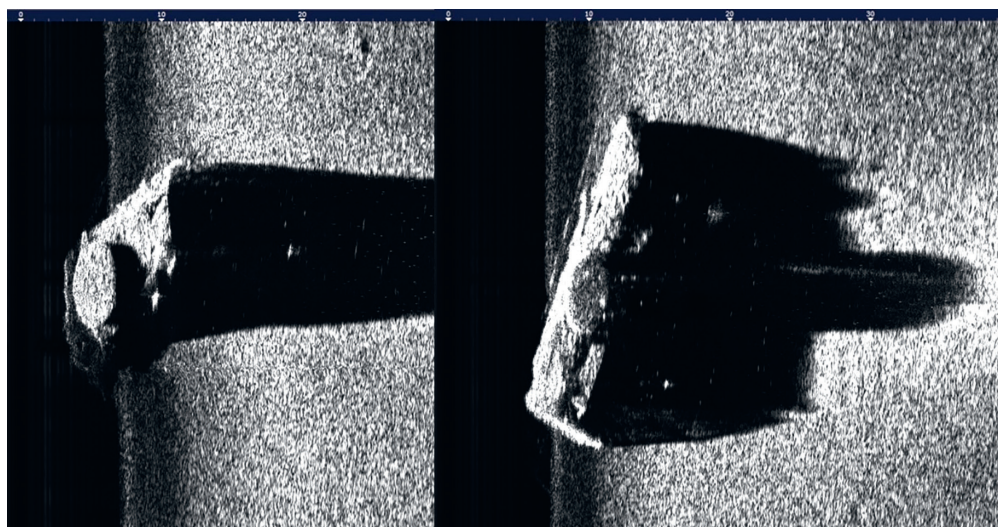


Рис. 4 – Гидролокационное исследование ЭС ЯР АЛ «Ленин», затопленной на Новой Земле в заливе Цивольки: справа и слева (соответственно вид со стороны левого борта и вид со стороны кормы) гидролокационные изображения понтона с ЭС ЯР АЛ «Ленин», полученные с помощью гидролокатора «ГБО-ВМ» БНПА «Видеомодуль»

В соответствии с разработанной и апробированной технологией, в 81-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» было проведено обследование экранной сборки атомного ледокола (ЭС АЛ) «Ленин». Первоначально для уточнения места затопления и получения общей информации о целостности объекта и его структуре была проведена высокоразрешающая гидролокационная съемка и одновременные видеонаблюдения с использованием БНПА «Видеомодуль» на шести взаимно перпендикулярных маршрутах, проложенных через точку предполагаемого затопления ЭС АЛ. Полученные гидролокационные изображения (рисунок 4), а также синхронная видеосъемка (рисунок 5) позволили однозначно определить объект как ЭС ЯР АЛ «Ленин», уточнить его местоположение и сделать вывод об общей целостности конструкции понтона и кессона, внутри которых размещена РС.

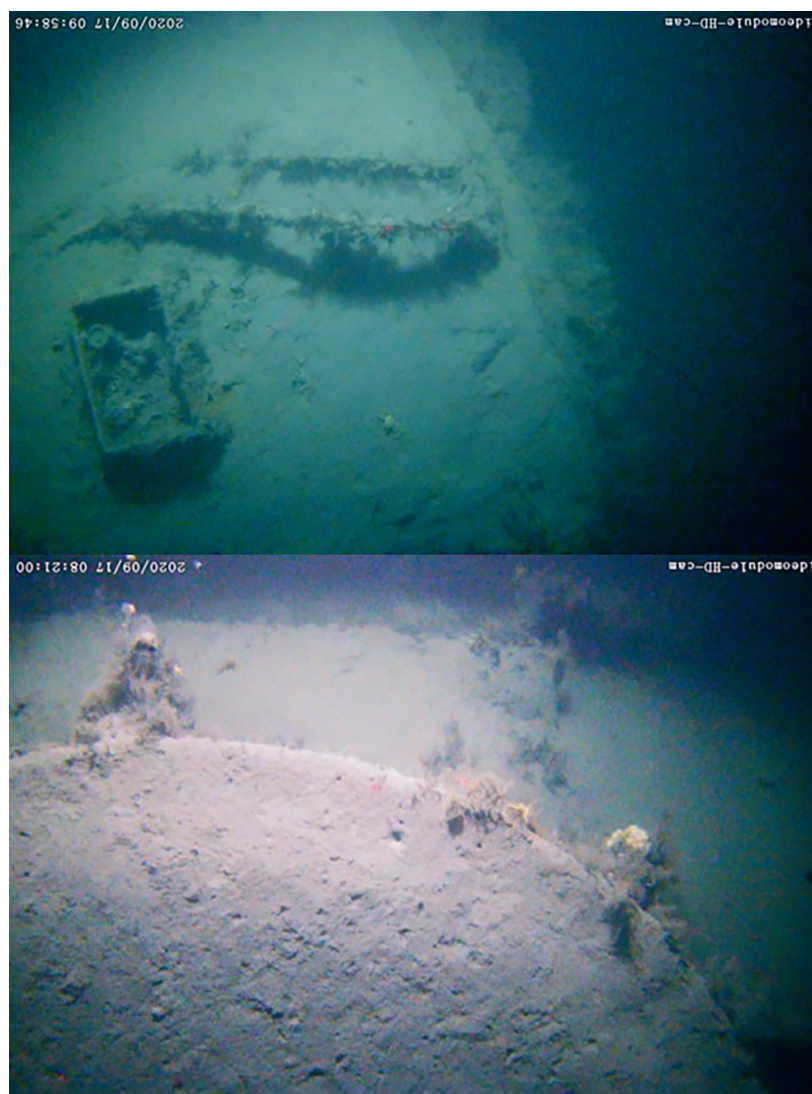


Рис. 5 – Визуальное исследование ЭС ЯР АЛ «Ленин», затопленной на Новой Земле в заливе Цивольки: вверху кадр видеосъемки, выполненной с помощью БНПА «Видеомодуль», представляющий палубу понтона, фрагмент буксирного троса и выгородку горловины литника для заливки бетона, внизу – крышка кессона и участок палубы понтона

Надо отметить высокое разрешение гидролокационных изображений, полученных с помощью ГБО-ВМ, отличительной особенностью которого является использование ЛЧМ зондирующих сигналов с последующей корреляционной цифровой обработкой эхо-сигналов. Устройство и процесс функционирования ГБО-ВМ рассмотрены в работе (Римский-Корсаков, Тронза, Анисимов, 2019).

Видеосъемка понтона с РС выполнена с помощью цифровой камеры высокого разрешения IP HD BeWard BD3270Z, входящей в состав глубоководного видеокomплекса БНПА «Видеомодуль». Технология видеосъемки подробно рассмотрена в работе (Римский-Корсаков, Анисимов, Тронза, 2019).

Дальнейшие целенаправленные исследования (видеонаблюдения и радиационные измерения) понтона с ЭС и частью отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в заливе были выполнены с помощью ТНПА «Ровбилдер» с установленным на нем подводным гамма-спектрометром РЭМ-26 (минимально детектируемая прибором удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в морской воде за 1000 с составляет  $240 \text{ Бк/м}^3$ ), разработанным в НИЦ «Курчатовский институт» (Гапонов и др., 2009; Казеннов, Гапонов, Пименов, 2010; Казеннов, 2011). ТНПА запускался с судового катера, поставленного на якорь непосредственно над понтоном с ЭС. Был произведен осмотр ЭС с помощью видеокамеры ТНПА и синхронная с ним съемка радиационного поля на грунте вблизи ЭС (фон) и на поверхности понтона.

По результатам визуального осмотра с помощью ТНПА было опровергнуто заключение о полном разрушении боковых стальных стенок понтона, сделанное в экспедиции 2010 г. Удалось установить, что металлические стенки понтона не повреждены и частично закрыты деревянной обшивкой, целостность которой нарушена в носовой части, возможно, в результате удара о грунт при затоплении понтона. В настоящее время в носовой и кормовой частях понтона металл не закрыт обшивкой и сохранил свою целостность. Отмечено значительное биообрастание металлических частей понтона, особенно в верхней его части. В отличие от металлических поверхностей, обрастание деревянной обшивки практически отсутствует.

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 понтоном, в его центральной части с левого и правого бортов (2 точки), на крышке кессона (1 точка) и на палубе понтона (4 точки). Спектры, зарегистрированные в наиболее показательных точках, представлены на рисунке 6.

Радиационное обследование объекта показало, что в зарегистрированных спектрах отсутствуют следы техногенных радионуклидов, в частности,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ . Зарегистрированные гамма-спектры свидетельствуют о целостности защитных радиационных барьеров. Уровень гамма-излучения в непосредственной близости от понтона определяется естественными радионуклидами, в основном  $^{40}\text{K}$ . Заметного превышения скорости счета в мягкой области, обусловленного излучением продуктов деления ОЯТ, находящихся внутри объекта, не выявлено.

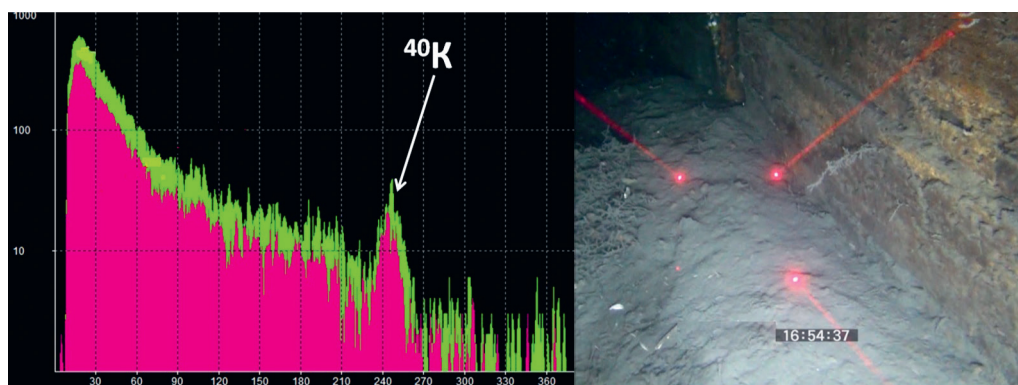


Рис. 6 – Целенаправленные исследования состояния понтона с экранной сборкой АЛ «Ленин» с использованием ТНПА «Ровбилдер» с гамма-спектрометром РЭМ-26: слева гамма-спектры, зарегистрированные на дне у правого борта понтона (красный) и на крышке кессона (зеленый); справа – место измерений – кадр видеозаписи участка дна у правого борта понтона, обшитого досками

**Вывод.** Радиационная ситуация в месте затопления контейнера с экранной сборкой АЛ «Ленин» не изменилась за 5 лет, прошедших с момента проведения ее последнего обследования. Характер зарегистрированных спектров в целом соответствует результатам измерений, полученным при обследовании сборки в 2010 и 2015 гг., и свидетельствует о целостности внутренних защитных барьеров. Внешняя конструкция понтона с экранной сборкой не имеет существенных повреждений.

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

### Список литературы

1. Вяльшев А. И., Доманов М. М., Казеннов А. Ю. и др. Обследование состояния АПЛ «Комсомолец». Норвежское море, август 2007 (краткое сообщение по итогам экспедиции) // Морские испытания. 2007. № 2. С. 4–13.
2. Вяльшев А. И., Римский-Корсаков Н. А., Добров В. М. и др. Экологический мониторинг окраинных морей России. М.: ФГБНУ «Аналитический центр», 2019. 240 с.
3. Гапонов И. А., Казеннов А. Ю., Королев А. В. и др. Проведение радиационного мониторинга АПЛ Б-159 // Безопасность окружающей среды (ISSN 1997-6992). 2009. № 1. С. 98–101.
4. Казеннов А. Ю., Гапонов И. А., Пименов А. Е. Методика оперативных радиационных обследований акваторий береговых баз флота с помощью погружных гамма-спектрометров // Атомная энергия. 2010. Т. 109. Вып. 2. С. 100–108.
5. Казеннов А. Ю. Радиационный мониторинг состояния затопленных объектов и контроль радиационного загрязнения акваторий. В кн.: Подводные технологии и средства освоения мирового океана. М.: Оружие и технологии, 2011. С. 440–451.
6. Казеннов А. Ю., Нерсесов Б. А., Римский-Корсаков Н. А. Исследование подводных потенциально опасных объектов в Карском море. М.: ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2017. 274 с. ISBN 978-5-904670-44-3.



7. *Казеннов А. Ю., Нерсесов Б. А., Римский-Корсаков Н. А.* Экспедиционные исследования экологии морей Российской Арктики. М.: ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2018. 307 с. ISBN 978-5-904670-47-4.
8. *Римский-Корсаков Н. А., Пронин А. А.* О методологии исследования дна акваторий и подводных объектов гидролокационными методами. Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. М., 2010. 62 с. Деп. в ВИНТИ 22.12.10, № 718-B2010.
9. *Римский-Корсаков Н. А.* Создание и эксплуатация подводных аппаратов и других технических средств для океанологических исследований. В кн.: Подводные технологии и средства освоения Мирового океана / Под ред. академика Н. Спасского. М.: Оружие и технологии, 2011. С. 46–63.
10. *Римский-Корсаков Н. А., Тронза С. Н., Анисимов И. М.* Развитие гидролокационных технологий глубоководных исследований рельефа дна и подводных объектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 9. С. 85–90. <https://doi.org/10.17513/mjpf.12856>.
11. *Римский-Корсаков Н. А., Анисимов И. М., Тронза С. Н.* Развитие глубоководных технологий визуальных наблюдений рельефа дна и подводных объектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10. С. 149–153.
12. *Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Васильев А. П. и др.* Белая книга – 2000. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. М.: АТ, 2005. 624 с.: илл.
13. *Флинт М. В., Поярков С. Г., Римский-Корсаков Н. А. и др.* Экосистемы морей Сибирской Арктики – 2018 (72-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш») // Океанология. 2019. Т. 59. № 3. С. 506–509.
14. *Флинт М. В., Поярков С. Г., Римский-Корсаков Н. А., Мирошников А. Ю.* Экосистемы Сибирской Арктики – 2019: весенние процессы в Карском море (76-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш») // Океанология. 2020. Т. 60. № 1. С. 154–157. <https://doi.org/10.31857/S0030157420010104>.
15. *Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Никитин В. С.* Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей / Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. М., 2015. 699 с.: ил. ISBN 978-5-9907220-0-2. (в пер.).

Статья поступила в редакцию 17.07.2023, одобрена к печати 17.08.2023.

**Для цитирования:** *Римский-Корсаков Н. А., Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Пронин А. А., Анисимов И. М., Лесин А. В., Муравья В. О.* Исследование объектов, представляющих экологическую угрозу, в заливе Цивольки (Новая Земля, Карское море) // Океанологические исследования. 2023. № 51 (3). С. 73–83. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(3\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(3).3).

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

N. A. Rimsky-Korsakov<sup>1</sup>, A. Yu. Kazennov<sup>2</sup>, O. E. Kiknadze<sup>2</sup>, I. M. Anisimov<sup>1</sup>,  
A. A. Pronin<sup>1</sup>, A. V. Lesin<sup>1</sup>, V. O. Muravija<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,  
e-mail: nrk@ocean.ru;*

<sup>2</sup>*Kurchatov Institute National Research Center,  
1, pl. Akademika Kurchatova, Moscow, 123182, Russia,  
e-mail: Kazennov\_AY@nrcki.ru*

The article presents 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 Tsvolki 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. Observations in the Gulf of Tsvolki 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. The nature of the recorded gamma-ray spectra generally corresponds to the measurement results obtained during the assembly survey in 2010 and 2015, and indicates the integrity of the internal protective barriers.

**Keywords:** Kara Sea, Novaya Zemlya, Tsvolki Bay, radioactive waste hazards, environmental threats

**Acknowledgment.** The research was carried out within the framework of the State Assignment of the IO RAS on topic No. FMWE-2021-0010. The experimental part was funded by the RSF project No. 23-17-00156.

### References

1. Flint, M. V., S. G. Poyarkov, and N. A. Rimsky-Korsakov et al., 2019: Ekosistemy Morej Sibirskoj Arktiki – 2018 (72-j rejs Nauchno-Issledovatel'skogo Sudna “Akademik Mstislav Keldysh”). *Oceanology*, **59** (3), 506–509.
2. Flint, M. V., S. G. Poyarkov, and N. A. Rimsky-Korsakov et al., 2020: Ekosistemy Sibirskoj Arktiki – 2019: vesennie processy v Karskom more (76-j rejs nauchno-issledovatel'skogo sudna “Akademik Mstislav Keldysh”). *Oceanology*, **60** (1), 154–157, <https://doi.org/10.31857/S0030157420010104>.
3. Gaponov, I. A., A. Yu. Kazennov, and A. V. Korolev et al., 2009: Provedenie radiacionnogo monitoringa APL B-159. *Bezopasnost' okruzhayushchej sredy* (ISSN 1997-6992), **1**, 98–101.

4. Kazennov, A. Yu., I. A. Gaponov, and A. E. Pimenov, 2010: Metodika operativnyh radiacionnyh obsledovaniy akvatorij beregovykh baz flota s pomoshch'yu pogruzhnykh gamma-spektrometrov. *Atomnaya energiya*, **109** (2), 100–108.
5. Kazennov, A. Yu., 2011: Radiacionnyj monitoring sostoyaniya zatoplennykh ob'ektov i kontrol' radiacionnogo zagryazneniya akvatorij. *Podvodnye tekhnologiya i sredstva osvoeniya mirovogo okeana*, Moscow, Oruzhie i tekhnologii, 440–451.
6. Kazennov, A. Yu., B. A. Nersesov, and N. A. Rimsky-Korsakov, 2017: *Issledovanie podvodnykh potencial'no opasnykh ob'ektov v Karskom more*. Moscow, FGBNU “Analiticheskij centr” Minobrnauki Rossii, 274 p., ISBN 978-5-904670-44-3.
7. Kazennov, A. Yu., B. A. Nersesov, and N. A. Rimsky-Korsakov, 2018: *Ekspedicionnye issledovaniya ekologii morej Rossijskoj Arktiki*. Moscow, FGBNU “Analiticheskij centr” Minobrnauki Rossii, 307 p., ISBN 978-5-904670-47-4.
8. Rimsky-Korsakov, N. A. and A. A. Pronin, 2010: *O metodologii issledovaniya dna akvatorij i podvodnykh ob'ektov gidrolokacionnymi metodami*. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, 62 p., Dep. v VINITI 22.12.10, No. 718-V2010.
9. Rimsky-Korsakov, N. A., 2011: Sozdanie i ekspluatatsiya podvodnykh apparatov i drugih tekhnicheskikh sredstv dlya okeanologicheskikh issledovaniy. In: *Podvodnye tekhnologii i sredstva osvoeniya Mirovogo okeana*, Pod red. N. Spasskogo, Moscow, Oruzhie i tekhnologii, 46–63.
10. Rimsky-Korsakov, N. A., S. N. Tronza, and I. M. Anisimov, 2019: Razvitie gidrolokacionnykh tekhnologij glubokovodnykh issledovaniy rel'efa dna i podvodnykh ob'ektov. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, **9**, 85–90, <https://doi.org/10.17513/mjpf.12856>.
11. Rimsky-Korsakov, N. A., I. M. Anisimov, and S. N. Tronza, 2019: Razvitie glubokovodnykh tekhnologij vizual'nykh nablyudenij rel'efa dna i podvodnykh ob'ektov. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, **10**, 149–153.
12. Sivincev, Yu. V., S. M. Vakulovskij, and A. P. Vasil'ev et al., 2005: *Belaya kniga – 2000. Tekhnogennye radionuklidy v moryah, omyvayushchih Rossiyu*. Moscow, AT, 624 p., ill.
13. Vyalyshv, A. I., M. M. Domanov, and A. Yu. Kazennov et al., 2007: Obsledovanie sostoyaniya APL “Komsomolec”. Norvezhskoe more, avgust 2007 (kratkoe soobshchenie po itogam ekspedicii). *Morskije ispytaniya*, **2**, 4–13.
14. Vyalyshv A. I., N. A. Rimsky-Korsakov, and V. M. Dobrov et al., 2019: *Ekologicheskij monitoring okrainnykh morej Rossii*. Moscow, FGBNU “Analiticheskij centr”, 240 p.
15. Sarkisov, A. A., Yu. V. Sivintsev, V. L. Vysotsky, and V. S. Nikitin, 2015: *The atomic legacy of the Cold War at the bottom of the Arctic. Radioecological and technical and economic problems of radiation rehabilitation of the seas*. Institute of Problems of Safe Development of Nuclear Energy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 699 p., ill., ISBN 978-5-9907220-0-2, (in trans.).

Submitted 17.07.2023, accepted 17.08.2023.

**For citation:** Rimsky-Korsakov, N. A., A. Yu. Kazennov, O. E. Kiknadze, I. M. Anisimov, A. A. Pronin, A. V. Lesin, and V. O. Muravija, 2023: Ecological hazard objects research results at Tsvolki Bay (Novaya Zemlya, Kara Sea). *Journal of Oceanological Research*, **51** (3), 73–83, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51\(3\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(3).3).