

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ И ДНА ЗАЛИВА СТЕПОВОГО (НОВАЯ ЗЕМЛЯ)

Н. А. Римский-Корсаков¹, Н. Я. Книвель², А. В. Хортов¹, А. В. Мишин¹,
А. А. Пронин¹, О. Е. Кикнадзе², Н. Ф. Тихонова¹

¹ Институт океанологии им. П. П. Шишова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: nrk@ocean.ru;

² Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ КИ),
Россия, Москва, площадь Академика Курчатова, 1, стр. 113,
e-mail: Kiknadze_OE@nrcki.ru

Статья посвящена исследованию рельефа и строения участка берега и осадков южной части залива Степового на восточном побережье Новой Земли, в районе затопления АПЛ «К-27». Рядом с АПЛ планируется установить подводную систему измерителей радиоактивности и гидрофизических параметров среды, соединенную кабельной линией связи с автономным береговым блоком. Для оценки влияния окружающей среды на АПЛ, а также монтажа наблюдательной системы, требуется знание рельефа, геоморфологии и структуры осадочного покрова берега и дна района работ. В статье приведены результаты дистанционного картирования морфологии участка берега и геофизического зондирования дна с помощью акустического профилографа.

Ключевые слова: Новая Земля, структура донных осадков, геофизическое зондирование, атомная подводная лодка, радиационный мониторинг, акустический профилограф, морфология берегового рельефа

Введение

В 1981 г. на Новой Земле в заливе Степового была затоплена АПЛ «К-27» (Сивинцев и др., 2005; Реестр, 2019; Римский-Корсаков и др., 2022), энергетическая установка которой включает два ядерных реактора с жидкометаллическим теплоносителем на основе эвтектического сплава свинец-висмут. После аварии в 1968 г. (Римский-Корсаков и др., 2024) в течение 13 лет АПЛ находилась в резерве, после чего была затоплена в Карском море с невыгруженным отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). АПЛ «К-27» считается потенциально наиболее опасным ядерным объектом, затопленным в Карском море. Аварийная АПЛ была тщательно подготовлена к затоплению и консервации – созданы дополнительные защитные барьеры: все конструкции контуров реактора заполнены фурфуролом, а весь реакторный отсек целиком до аварийного люка – битумом. Защитным барьером является также застывший в реакторе сплав свинец-висмут. Однако специалисты Физико-энергетического Института (ФЭИ) не исключают принципиальную возможность возникновения СЦР в реакторах

АПЛ «К-27» при попадании в активную зону всего 5 л воды. В этой связи актуальными являются постоянные наблюдения радиационной обстановки вокруг АПЛ для оценки состояния защитных барьеров, отделяющих источник радиоактивности от окружающей среды. Такие наблюдения предполагается реализовать с использованием подводной станции постоянного радиационного мониторинга (ПСПРМ), установку которой НИЦ «Курчатовский институт» планирует в заливе Степового (Казеннов и др., 2023; 2025) на Новой Земле. Береговой блок ПСПРМ будет размещен на берегу залива, в непосредственной близости от места затопления АПЛ. ПСПРМ состоит из подводного и берегового блоков. Подводный блок включает систему подводных сенсоров, установленных на АПЛ и на прилегающем к ней участке дна, подводный блок сбора и предварительной обработки информации, поступающей от сенсоров, систему передачи данных, команд управления и электроэнергии на базе кабельной подводной линии связи. Береговой блок ПСПРМ осуществляет общее управление, энергоснабжение и дальнюю информационную связь ПСПРМ с потребителями информации о состоянии реакторов АПЛ. Разработка проекта установки ПСПРМ требует проведения геолого-геоморфологических и геофизических исследований участка дна и берега залива вблизи затопленной АПЛ.

Объект данного исследования – залив Степового – располагается в северной части о. Южный архипелага Новая Земля на его восточном побережье. Архипелаг представляет собой единую горную систему с высотами до 1300 м и глубоко расчлененной центральной частью. Долины, пересекающие горные массивы, переходят во фьорды, продолжение которых прослеживается на прилегающих участках морского дна (Никитин и др., 2020). Одним из таких фьордов является залив Степового. Длина залива – 15 км, максимальная ширина на входе – 2 км (Удалов, Веденин, Чава, 2018). Берега залива холмистые, местами обрывистые, по мере удаления от уреза воды поднимаются до 200 м. В кутовой части залива берега низменные, песчано-галечные, с протяженными отмелями и осушками. В залив впадают множество небольших ручьев и река Степового, которая в устье разделяется на протоки. По классификации А. Д. Добровольского на побережье Карского моря в районе залива Степового выделяется выровненный абразионный тип берега (Добровольский, Залогин, 1982). Залив является наиболее мелководным на восточном побережье Новой Земли. В заливе можно выделить две котловины – внутреннюю (северную) с максимальными глубинами до 60 м и центральную (южную) с глубинами 35–45 м. Котловины разделены порогом с максимальными глубинами 25 м. Порог со сходными глубинами отделяет центральную котловину залива от внешней части склона Новоземельской впадины (рисунок 1) (Удалов, Веденин, Чава, 2018). Следует отметить, что наличие поднятия, а в некоторых случаях островов, на входе в залив, является морфологической особенностью многих заливов Новой Земли (Благополучия, Цивольки, Ога и др.).

Анализ результатов отбора образцов осадков в заливе показал, что они до глубин 40–50 м представлены мелкообломочным материалом (обломками пород, ожелезненной галькой), в разной степени заиленным (Флинт, Римский-Корсаков,

Поярков, 2016; Вялышев, 2019). Для внешней (устьевой) части залива характерен следующий обобщенный тип разреза верхней части осадочных отложений. На дне залегает плоская галька аргиллитов размером до 10 см, перекрытая очень тонким, порядка одного миллиметра, слоем коричневатого-серого алевропелитового наилка. Ниже наблюдается серая плотная глина с грубообломочным материалом, представленным углистыми и глинистыми сланцами. Ближе к внешней части залива поверхностный слой алевропелитового наилка полностью исчезает, галька несколько уменьшается в размере и принимает более вытянутые формы, а грубообломочный материал в глинах заменяется крупной и средней галькой. Следует отметить, что во всех случаях галька различной размерности находится в качестве примеси в верхних горизонтах разреза, что явно связано с переносом материала с берегов залива. Именно в области распространения такого типа осадочного покрова дна затоплена АПЛ «К-27».

Методы и средства исследований

В 2024 г. в рамках работ экспедиции НИС «Академик Мстислав Келдыш» (97-й рейс) было проведено комплексное исследование окружающей среды в районе затопления АПЛ «К-27» (Римский-Корсаков, 2025) и потенциального места размещения берегового блока ПСПРМ. Исследование включало геологические изыскания, видео- и фотосъемку форм берегового рельефа, а также геофизическую съемку рельефа и осадочного покрова участка дна между береговой линией и местом затопления АПЛ. Схема исследований представлена на рисунке 1.

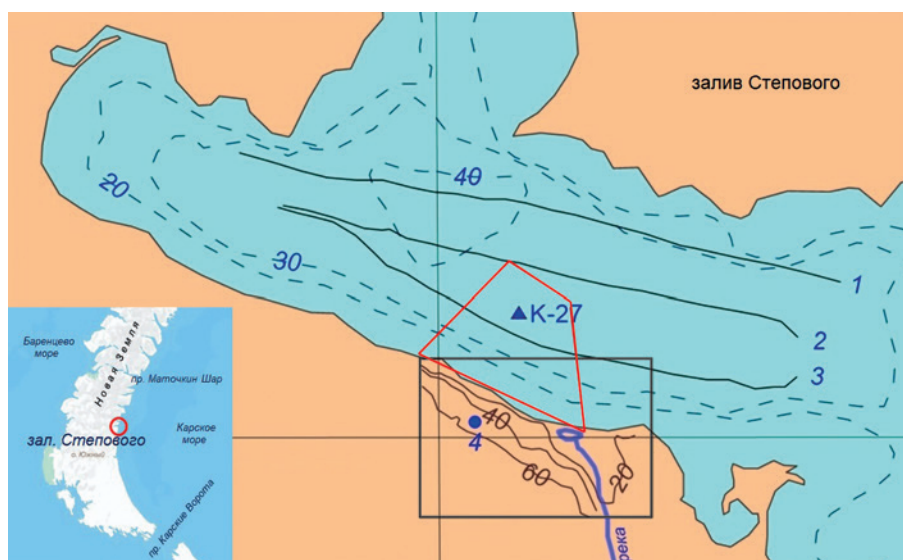


Рис. 1 – Схема исследований в южной части залива Степового (Новая Земля).

На схеме обозначено: 1, 2, 3 – маршруты геофизической съемки, 4 – возможное место установки ПСПРМ, 20, 30, 40 – изобаты, 20, 40, 60 – изолинии высот, – область съемки рельефа дна, – область съемки берегового рельефа, «К-27» – место затопления АПЛ

Исследование осадочного покрова дна осуществлялось методом геофизического зондирования с использованием акустического профилографа АП-5Т, разработанного в ИО РАН (Римский-Корсаков и др., 2021; Пронин и др., 2023). На рисунке 2 приведено изображение буксируемого носителя антенн акустического профилографа. АП-5Т состоит из следующих функциональных частей: буксируемое тело (носитель акустических антенн), кабельная линия, буксирная линия, накопительная кабельная вьюшка, судовой электронный блок и персональный компьютер для отображения и регистрации данных. Функциональная схема приведена на рисунке 3. АП буксируется с кормы судна при волнении не более трех баллов. Скорость буксировки составляет 2–4 узла. Во время буксировки судно движется прямолинейно между маршрутными точками. Работой судового блока АП управляет оригинальная программа SonarControl, которая обеспечивает обработку и визуализацию данных в реальном времени, а также осуществляет запись данных на жесткий диск ПВМ в формате ХТФ. Формат ХТФ является универсальным форматом для хранения геоакустической информации и поддерживается многими программами постобработки таких данных. Максимальная рабочая глубина буксируемого носителя – 100 м, центральная рабочая частота антенны – 5 кГц, девиация частоты (линейно-частотно модулированного) ЛЧМ сигнала – настраиваемая от 0 до 4 кГц, длительность излучаемого импульса – настраиваемая от 1 до 9 мс, пиковая электрическая мощность зондирующего импульса – 4.1 кВт.



Рис. 2 – Буксируемый носитель акустического профилографа АП-5Т

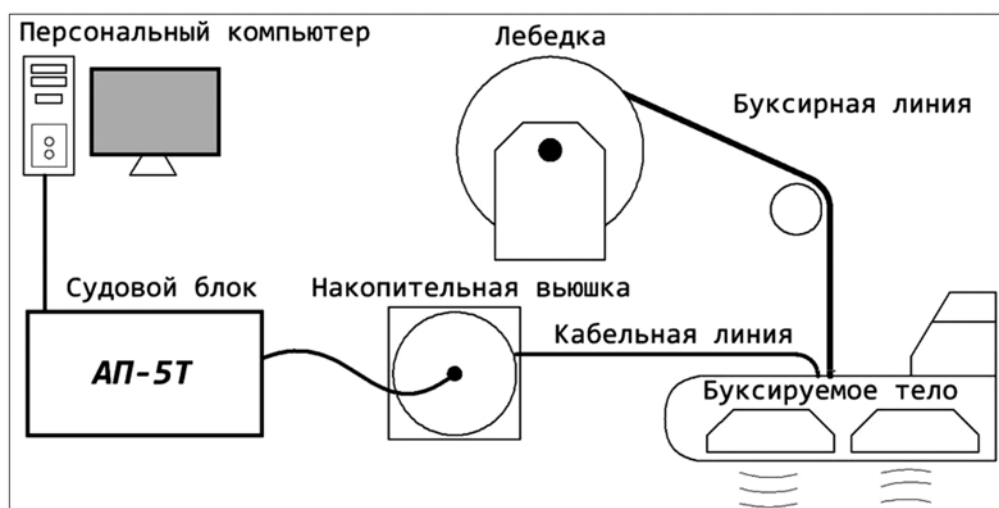


Рис. 3 – Функциональная схема акустического профилографа АП-5Т

Для съемки рельефа участка дна между береговой линией и местом затопления АПЛ по поиску, уточнению местоположения и получения акустических портретов использовался многолучевой эхолот (МЛЭ) Reson T50-R производства компании Teledyne, установленный на катере Blue Spirit 9.2 (рисунок 4). МЛЭ Reson T50-R предназначен для сплошной гидрографической съемки рельефа дна, поиска объектов на дне и точного определения их координат и геометрических размеров. Характеристики оборудования приведены в таблице 1.



Рис. 4 – Катер Blue Spirit 9.2., оборудованный многолучевым эхолотом (МЛЭ) Reson T50-R. Антенна МЛЭ жестко крепится к борту катера с помощью специального рамного устройства, установленного в кормовой части катера

Табл. 1 – Характеристики многолучевого эхолота Reson T50-R

	Характеристика	Значение
1	Рабочая частота, кГц	190–420
2	Диапазон дальности, м	0.5–375 (макс.575)
3	Количество лучей	10-512-1024
4	Сектор обзора, градусы	165
5	Ширина луча, градусы	0.5–1 (400кГц), 1–2 (200кГц)
6	Разрешение по глубине, мм	6
7	Частота следования посылок, Гц	50

Обработка информации многолучевого эхолота производится с использованием программного обеспечения PDS 2000 компании Teledyne. ПО PDS 2000 позволяет обрабатывать данные съемки, создавать планшеты и 3D модели поверхности дна и экспортировать их в различные форматы. Перед проведением съемки предварительно выполнялась калибровка навигационного комплекса и измерялся профиль скорости звука в воде.

Для отображения рельефа участка суши в непосредственной близости от места затопления АПЛ «К-27» была выполнена съемка береговых структур с помощью видеокамеры DJI Mavic Air производства DJI Technology Co., Ltd. (КНР). Съемка выполнялась на постоянной высоте по датчику GPS с непрерывным фотографированием с 60 % перекрытием. Каждый снимок сопровождается информацией о текущих координатах, высоте и времени съемки. Для построения схемы рельефа местности было использовано специализированное программное обеспечение (ПО) Agisoft Metashape и программа Surfer (Golden Software). В основе работы ПО лежит фотограмметрический анализ стереопар изображений, с помощью которого становится возможным восстановление трехмерной структуры снимаемой сцены. В массиве изображений выполняется попарный поиск соответствий (областей на изображениях, соответствующих одному и тому же объекту на местности), через которые методом триангуляции пересчитываются трехмерные точки отснятой местности. Полученный массив трехмерных точек называется разреженным облаком. Поскольку положение камеры в пространстве известно для каждого снимка (т. е. известна база между всеми парами изображений), пространственный масштаб разреженного облака определяется однозначно. Генерация ортофотоплана (фото-мозаики) выполняется путем ортогональной проекции облака точек на поверхность Земного эллипсоида, на которой высота места, определяемая с помощью космической навигационной системы GPS, равна нулю. Поскольку масштаб известен, полученный ортофотоплан однозначно ложится на координатную сетку. Аналогично на базе известных положений точек в облаке выполняется построение схемы рельефа местности.

Чтобы понять геологию южного берега залива Степового, расположенного напротив места затопления АПЛ «К-27», а также изучить особенности реки, впадающей

в залив, был проведен геологический маршрут из шести точек (см. рисунок 5). Целью маршрута было определение оптимального места для установки берегового блока ПСПРМ. В ходе работ отбирались образцы, описывались рельеф, гидрография и естественные выходы горных пород.



Рис. 5 – Геологический маршрут исследования южного берега центральной (южной) котловины залива Степового в районе устья реки (рисунок 1) напротив места затопления АПЛ «К-27»

Точка № 1 была выбрана в месте высадки геологического отряда. Был изучен берег и устье реки, отобраны образцы гальки и обломочной породы речного и морского генезиса. Отмечено, что галька и обломочный материал состоят из продуктов разрушения прилегающих к устью обнажений обрывистых склонов, выполненных аргиллитами и алевролитами. Здесь также были отмечены привнесенные, по-видимому, из глубины острова окатанные породы песчаника, визуально не наблюдаемые в обнажениях вблизи устья реки.

Точка № 2 была выбрана в 120 м от берега и несколько выше (примерно на 2 м) подножия склона, на пригорке. Здесь наблюдается заболоченность, со следами животных, приходящих к водопою. Вода сюда стекает по распадку. Растительный покров достигает 1.5–2 см. Почвенный слой представлен щебнистым серо-коричнево-бурым горизонтом, залегающим на каменном основании. В дельте реки и в распадках наблюдаются коллювиальные отложения, представляющие собой обломки коренных пород, гальку, валуны.

У подножия склона в точке № 5 наблюдаются делювиальные отложения, представленные обломками обнажающихся здесь пород палеозойского комплекса (рисунок 6а).

В точке № 6 видимый в обнажении на побережье залива Степового складчатый комплекс (рисунок 6б) сложен аргиллитами, алевролитами, глинистыми сланцами, которые содержат слои и пачки песчаника и редкие прослои известняков. Углы залегания пластов от 20 до 90 градусов. Видимая мощность около 10 м. В основании комплекса, в обнажениях в точках № 5 и № 6 отчетливо выделяются филлиты (показаны стрелкой на рисунке 6б), представляющие собой переходные породы от глинистых сланцев к слюдяным.



Рис. 6 – Прибрежные обнажения коренных пород, слагающих южный берег центральной котловины Залива Степового: **а** – отложение коллювия в точке № 5 (рисунок 5); **б** – обнажение складчатого комплекса пород палеозоя на береговом обрыве в точке № 6 (рисунок 5)

Визуальное наблюдение рельефа южного берега центральной котловины залива Степового в точках № 3 и № 4 показывает, что с точки зрения палеогеографии эти районы представляют собой прибрежные, в значительной степени террасированные равнины (рисунок 7). На рисунке 7б стрелками показаны морские террасы, выработанные в доголоценовое время.



Рис. 7 – Южный берег центральной котловины залива Степового напротив места затопления АПЛ «К-27»: **а** – устье реки и возможное место установки ПСПРМ (стрелкой показан участок террасированной равнины, пригодный для площадки под инженерное сооружение); **б** – морские террасы (показаны стрелками), связанные с плейстоценовыми трансгрессиями

Результаты исследований

С целью сбора исходных данных для проектирования кабельной трассы от подводного измерительного блока ПРПСМ, установленного на АПЛ «К-27», до берегового блока ПРПСМ была выполнена съемка рельефа участка дна с использованием многолучевого эхолота Т50-Р с борта катера Blue Spirit 9.2. Съемка рельефа дна была

проведена в пределах полигона, отмеченного на схеме исследований (рисунок 1) красной линией. По результатам съемки построена схема рельефа дна, представленная на рисунке 8.

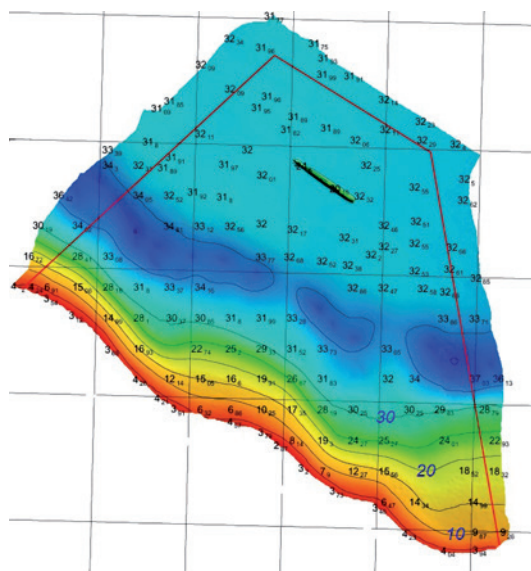


Рис. 8 – Рельеф дна в районе затопления АПЛ «К-27».

Границы полигона отмечены на схеме исследований (рисунок 1)

В районе затопления АПЛ «К-27» было выполнено акустическое профилирование донных осадков вдоль трех маршрутов общей протяженностью 4.4 м (8.2 км). Положение маршрутов показано на схеме (рисунок 1). Изображения разрезов осадочных отложений, построенные на основе данных акустического профилирования и эхолотного промера, представлены на рисунках 9, 10 и 11. В результате интерпретации данных выделены основные отражающие горизонты («рефлекторы»), а также ряд отдельных геолого-геоморфологических объектов, осложняющих, в отдельных случаях, строение осадочной толщи.

Анализ полученных данных показал, что на глубине 30–40 м толщина верхнего осадочного слоя колеблется от нуля до 5 м (рисунок 9). В зависимости от удаления от берега состав этого слоя меняется от песчано-глинистого с содержанием мелкообломочного материала до глинисто-илистого, переходящего в плотный ил в глубоководной части. Это позволяет сделать вывод, что верхняя часть разреза сложена ледниково-морскими отложениями голоценового возраста, что соответствует выводам работ (Дунаев, 1995; Павлидис, 1998). Большую роль в их формировании играют флювиогляциальные и солифлюкционные процессы на прилегающей суше, а также ледовый разнос терригенного материала. Ниже наблюдается горизонт коренных складчатых пород палеозоя, являющийся морским продолжением обнажений прилегающей суши. На галсе 3, расположенном наиболее близко к берегу, хорошо виден подледниковый канал стока талых вод (рисунок 9в) – форма мезорельефа дна, характеризующая по данным работ (Павлидис, Никифоров 2007; Миронюк, Иванова, 2018; Atlas, 2016) гляциальные условия формирования осадочной толщи.

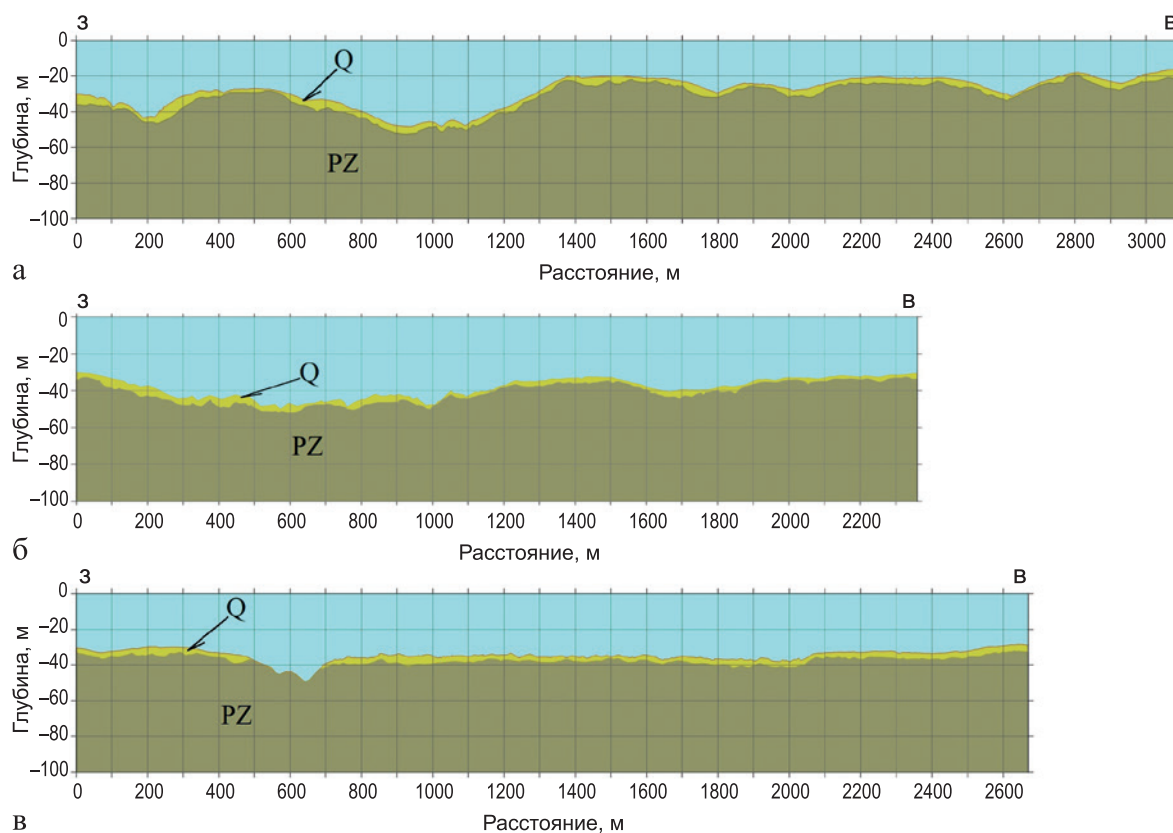


Рис. 9 – Изображение профиля дна и подстилающих пород, полученное с помощью акустического профилографа АП-5 и судового эхолота Kongsberg EA600 вдоль маршрута 1 (а), маршрута 2 (б) и маршрута 3 (в) (рисунок 1)

Геологический маршрут, состоящий из шести пунктов (рисунок 5), был проложен для исследования геологического строения южного берега залива Степового, напротив места, где затонула АПЛ «К-27». Также изучалась орогидрография устья реки, впадающей в этот залив. Главной целью было определить наилучшее место для монтажа берегового блока ПСПРМ. По ходу маршрута проводился сбор образцов, описание рельефа местности, гидрографических характеристик и естественных обнажений горных пород.

В результате съемки рельефа участка суши, отмеченного на схеме (рисунок 1), с помощью видеокамеры DJI Mavick Air и обработки полученной стереоинформации, в соответствии с вышеприведенной технологией построена схема рельефа участка южного берега центральной котловины залива Степового в районе затопления АПЛ «К-27». Результирующая схема представлена на рисунке 10. Полученную схему рельефа можно считать удовлетворительной и пригодной для первичного ознакомления, несмотря на наличие явных артефактов и погрешностей в определении высот. Данные результаты являются ориентировочными и для использования при выпуске строительной документации нуждаются в уточнении с помощью профессионального топографического оборудования.

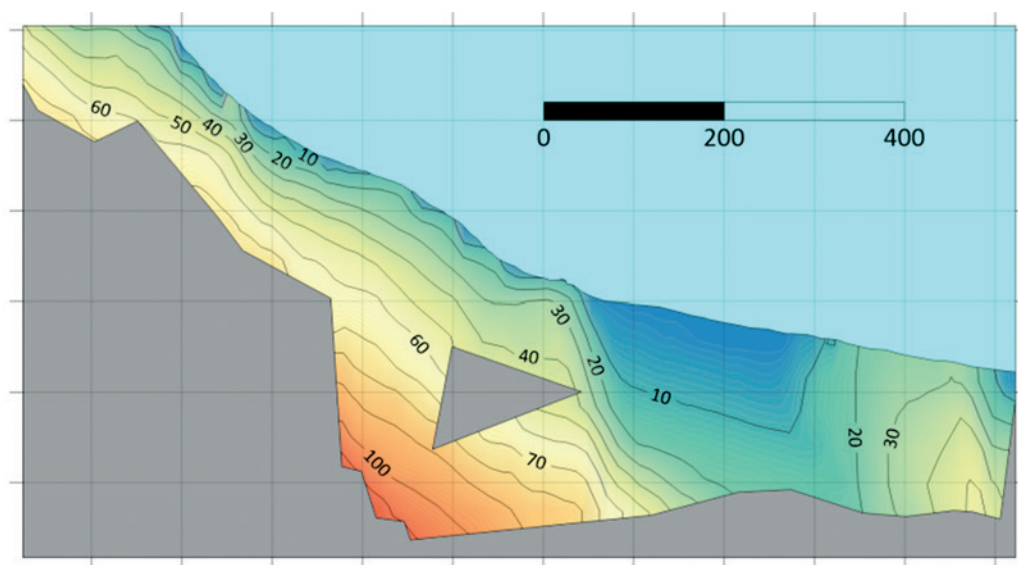


Рис. 12 – Рельеф участка берега залива Степового (см. рисунок 1) в районе затопления АПЛ «К-27». Значения высот приведены в метрах

Выводы

Предварительный анализ данных отбора грунта в заливе Степового и образцов, отобранных в ходе высадки на берег, показал:

- осадки в заливе представлены песчанистым илом с галькой и обломками прибрежных отложений, в меньшей степени продуктами ледового разноса;
- мощность горизонта придонного ила колеблется от 0.5 до 3.5 м, а ниже залегает складчатый комплекс коренных пород палеозоя;
- прибрежные отложения представлены метаморфизованными породами палеозоя, состоящими преимущественно из рассланцованных аргиллитов и алевроитов, отлагавшихся в условиях глубопогруженного шельфа, видимая толщина которых достигает 5–8 м, отмечаются маломощные прослои песчаника и известняка.

Обследованный визуальными и видеометодами участок суши примерно 1000×500 м представляет собой крутой обрывистый берег (рисунки 5, 6, 7 и 9а), сложенный слоистыми сланцевыми породам с максимальной зафиксированной высотой около 120 м. Обрыв, граничащий с морем, имеет высоту около 20 м. На данном участке имеется пойма и русло реки, покрытая мелкой галькой и обломочным материалом. От кромки воды она отделена фильтрующим валом из обломков пород и гальки высотой около 1.5 м. Изолинии высот 20, 40 и 60 м показаны на рисунке 1. Полученную по результатам аэрофотосъемки схему можно считать удовлетворительной и пригодной для первичного анализа.

С инженерно-геологической точки зрения, террасы, выделяемые на побережье залива Степового, представляют интерес как возможные для строительства участки с ровным и устойчивым основанием, выработанным эрозией. Площадки в точках № 3

и № 4 (рисунок 5), прикрытые от ветра с трех частей света (северо-запад, север, северо-восток) склонами гор, удаленные от обрывистого склона примерно на 100 м, могут быть использованы для временных инженерно-строительных целей. Площадки имеют небольшой, до 3–4 градусов, уклон в сторону залива. Наибольший интерес для инженерного строительства представляет площадка с твердым грунтом (рисунок 7а), находящаяся в удалении от разрушаемого склона и ливневых распадков.

Представленные результаты акустического профилирования толщи донных отложений и их последующий комплексный анализ, с учетом данных, полученных другими методами (гидролокация, отбор проб и т. д.), представляет несомненный интерес для последующего мониторинга состояния затопленной АПЛ и окружающей среды. Целесообразно продолжить подобные исследования в будущем для выявления возможных геологических опасностей с целью прогноза состояния конструкции корпуса затопленной АПЛ.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (темы FMWE-2024-0024, а также FMWE-2024-0016, FMWE-2024-0021, FMWE-2024-0022, FMWE-2024-0026), контракта ИО РАН с НИЦ КИ от 20.05.2024 № 105-3-24-44-22, государственного контракта ИО РАН с ФГКУ ЦСООР «ЛИДЕР» от 26.03.2024 № 101-24, и в соответствии с приказом НИЦ КИ от 27.12.2024 г №5483. Аналитические исследования выполнены при поддержке РНФ (проект № 23-17-00156).

Авторы выражают благодарность сотрудникам Лаборатории гидролокации дна Института океанологии И. М. Анисимову, В. О. Муравья, А. В. Лесину, а также сотрудникам Центра подводных исследований Русского географического общества А. А. Приходченко, И. Ю. Кораблеву, А. А. Образцову и А. И. Жерихину за помощь в получении и подготовке материалов публикации.

Список литературы

1. Вяльшев А. И., Добров В. М., Долгов А. А., Римский-Корсаков Н. А., Нерсесов Б. А. Экологический мониторинг окраинных морей России. М.: ФГБНУ «Аналитический центр, 2019. 240 с. ISBN 978-5-904670-55-9.
2. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982. 192 с.
3. Дунаев Н. Н., Левченко О. В., Мерклин Л. Р., Павлидис Ю. А. Принозовемельский шельф в позднечетвертичное время // Океанология. 1995. Т. 35. № 3. С. 400–450.
4. Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Калмыков С. А., Никитин А. О. Донная станция для долговременного непрерывного радиационного мониторинга подводных потенциально опасных объектов // Сборник трудов международной научно-технической конференции МСОИ-2023, ИО РАН; М.: Издательство Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2023. Т. 1. С. 165–168. <https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-8-4-2023>.
5. Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Калмыков С. А., Никитин А. О. Подводная станция постоянного радиационного мониторинга // Сборник трудов международной научно-технической конференции МСОИ-2025, ИО РАН; М.: Издательство Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2025. Т. 2. С. 34–38. <https://doi.org/10.29006/978-5-6051054-6-6-2025>.

6. Миронюк С. Г., Иванова А. А. Микро- и мезорельеф гляциального шельфа Баренцева и Карского морей в свете новых данных // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2018. № 76. С. 41–58.
7. Никитин Д. С., Хуторской М. Д., Иванов Д. А., Горских П. П. Глубинное строение и нефтегазоносность северо-восточной части Баренцевоморского шельфа // Труды Геологического института. 2020. № 622. С. 5–142.
8. Павлидис Ю. А., Ионин А. С., Щербаков Ф. А., Дунаев Н. Н., Никифоров С. Л. Арктический шельф. Позднечетвертичная история как основа прогноза развития. М.: ГЕОС, 1998. 187 с.
9. Павлидис Ю. А., Никифоров С. Л. Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана. М.: Наука, 2007. 455 с.
10. Пронин А. А., Хортов А. В., Литвинюк Д. А., Коротаев В. Н., Поротов А. В., Мутовкин А. Д. Технология и результаты сейсмоакустического профилирования на шельфе Крыма в 124-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023. № 2. С. 37–43. <https://doi.org/10.17513/mjpf.13511>.
11. Реестр подводных потенциально опасных объектов во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации / Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2019. 115 с.: илл.
12. Римский-Корсаков Н. А., Книгель Н. Я., Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Басин А. Б., Пронин А. А. Радиационно опасные объекты в Российской Арктике (85-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» в Карское море) // Океанология. 2022. Т. 62. № 3. С. 495–498. <https://doi.org/10.31857/S0030157422030091>.
13. Римский-Корсаков Н. А., Книгель Н. Я., Флинт М. В., Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Анисимов И. М., Пронин А. А., Лесин А. В., Муравья В. О. Исследование подводных радиоактивных объектов в заливе Степового (Новая Земля) // Океанология. 2024. Т. 64. № 6. С. 1010–1019. <https://doi.org/10.31857/S0030157424060123>.
14. Римский-Корсаков Н. А., Книгель Н. Я., Кикнадзе О. Е., Пронин А. А., Мишин А. В., Недоспасов А. А. Источники радиационного загрязнения в Арктике в 2024 году (97-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш») // Океанология. 2025. Т. 65. № 3. С. 518–521.
15. Римский-Корсаков Н. А., Бурдиян Н. В., Лесин А. В., Пронин А. А., Анисимов И. М. Геолого-геофизические исследования на шельфе полуострова Крым в 115-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 8. С. 38–43. <https://doi.org/10.17513/mjpf.13260>.
16. 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.: Изд АТ, 2005. 624 с.: илл. 64 с.
17. Удалов А. А., Веденин А. А., Чава А. И. Донная фауна залива Степового (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2018. Т. 58. № 6. С. 923–932.
18. Флинт М. В., Римский-Корсаков Н. А., Поярков С. Г. Экосистемы российской Арктики-2015 (63-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш») // Океанология. 2016. Т. 56. № 3. С. 499–501. <https://doi.org/10.7868/S0030157416030060>.
19. Atlas of Submarine Glacial Landform: Modern, Quaternary and Ancient / Edited by J. A. Dowdeswell et al. 2016. 618 p.

Статья поступила в редакцию 20.05.2025, одобрена к печати 16.09.2025.

Для цитирования: Римский-Корсаков Н. А., Книвель Н. Я., Хортон А. В., Мишин А. В., Пронин А. А., Кикнадзе О. Е., Тихонова Н. Ф. Инструментальные исследования южного побережья и дна залива Степового (Новая Земля) // Океанологические исследования. 2025. № 53 (3). С. 205–220. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).12](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).12).

INSTRUMENTAL STUDIES OF THE SOUTHERN COAST AND THE BOTTOM OF STEPVOVOYE BAY (NOVAYA ZEMLYA)

N. A. Rimsky-Korsakov¹, N. Y. Knivel², A. V. Khortov¹, A. V. Mishin¹, A. A. Pronin¹,
O. E. Kiknadze², N. F. Tikhonova¹

¹ Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: nrk@ocean.ru;

² Kurchatov National Research Center,
Bld. 1/113, Akademika Kurchatova Square, Moscow, 123182, Russia,
e-mail: Kiknadze_OE@nrcki.ru

The article is devoted to the study of a section of the shore and bottom soil of the southern part of Stepovoy Bay at the eastern coast of Novaya Zemlya, in the area of “K-27” submarine flooding. It is planned to install an underwater radioactivity and hydro physical environment parameters measuring system next to the submarine, and connect it by a cable line to an autonomous coastal unit. To assess the environmental impact on the submarine, as well as the installation of an observation system, knowledge of the relief, geomorphology and structure of the sedimentary cover of the coast and the bottom of the work area is required. The article presents the results of remote mapping of the shore section morphology and geophysical bottom sounding using an acoustic profiler.

Keywords: Novaya Zemlya, bottom sediments structure, geophysical sounding, nuclear submarine, radiation monitoring, acoustic profiler, coastal relief morphology

Acknowledgements: The work was performed within the framework of the IO RAS state assignment (topics FMWE-2024-0024, as well as FMWE-2024-0016, FMWE-2024-0021, FMWE-2024-0022, FMWE-2024-0026), IO RAS contract with SIC dated 05/20/2024 No. 105-3-24-44-22, IO RAS state contract with FGKU CSO “LEADER” dated 03/26/2024 No. 101-24, and in accordance with the order of the National Research Center of Ukraine dated 12/27/2024 No. 5483. Analytical research was carried out with the support of the Russian Science Foundation (project No. 23-17-00156).

The authors would like to thank the staff of the Laboratory of Bottom Sonar of the Institute of Oceanology, I. M. Anisimov, V. O. Muravya, A. V. Lesin, as well as the staff of the Center for Underwater Research of the Russian Geographical Society, A. A. Prihodchenko, I. Y. Korablev, A. A. Obraztsov and A. I. Zherikhin for their assistance in obtaining and preparing the publication materials.

References

1. *Atlas of Submarine Glacial Landform: Modern, Quaternary and Ancient*, Edited by J. A. Dowdeswell et al., 2016, 618 p.
2. Dobrovol'skij, A. D. and B. S. Zalogin, 1982: *Morya SSSR. (Seas of the USSR)*. Moscow, MGU, 192 p.
3. Dunaev, N. N., O. V. Levchenko, L. R. Merklin, and Yu. A. Pavlidis, 1995: Prinovozemel'skij shel'f v pozdnechetvertichnoe vremya (The Novaya Zemlya shelf in the Late Quaternary time). Moscow, *Oceanology*, **35** (3), 400–450.
4. Flint, M. V., N. A. Rimsky-Korsakov, and S. G. Poyarkov, 2016: Ekosistemy rossijskoj Arktiki-2015 (63-j rejs nauchno-issledovatel'skogo sudna "Akademik Mstislav Keldysh") (Ecosystems of the Russian Arctic-2015 (63rd voyage of the research vessel "Akademik Mstislav Keldysh"). Moscow, *Oceanology*, **56** (3), 499–501, <https://doi.org/10.7868/S0030157416030060>.
5. Kazennov, A. Yu., O. E. Kiknadze, S. A. Kalmykov, and A. O. Nikitin, 2023: Donnaya stanciya dlya dolgovremennogo nepreryvnogo radiacionnogo monitoringa podvodnyh potencial'no opasnyh ob'ektov (Bottom station for long-term continuous radiation monitoring of underwater potentially dangerous objects). *Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii MSOI-2023, IO RAN*, Moscow, Izdatel'stvo Instituta okeanologii im. P. P. Shirshova RAN, **1**, 165–168, <https://doi.org/10.29006/978-5-6045110-8-4-2023>.
6. Kazennov, A. Yu., O. E. Kiknadze, S. A. Kalmykov, and A. O. Nikitin, 2025: Podvodnaya stanciya postoyannogo radiacionnogo monitoring (Underwater station for continuous radiation monitoring). *Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii MSOI-2025, IO RAN*, Moscow, Izdatel'stvo Instituta okeanologii im. P. P. Shirshova RAN, **2**, 34–38, <https://doi.org/10.29006/978-5-6051054-6-6-2025>.
7. Mironyuk, S. G. and A. A. Ivanova, 2018: Mikro- i mezorel'ef glyacial'nogo shel'fa Barentseva i Karskogo morej v svete novyh dannyh (Micro and meso relief of the glacial shelf of the Barents and Kara Seas in light of new data). *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*, **76**, 41–58.
8. Nikitin, D. S., M. D. Khutorskoy, D. A. Ivanov, and P. P. Gorskikh, 2020: Glubinnoe stroenie i neftegazonosnost' severo-vostochnoj chasti Barentsevomorskogo shel'fa. (Deep structure and oil and gas potential of the northeastern part of the Barents Sea shelf). *Proceedings of the Geological Institute*, **622**, 5–142.
9. Pavlidis, Yu. A., A. C. Ionin, F. A. Shcherbakov, N. N. Dunaev, and S. L. Nikiforov, 1998: *Arkticheskij shel'f. Pozdnechetvertichnaya istoriya kak osnova prognoza razvitiya (Arctic Shelf. Late Quaternary History as a Basis for Development Forecast)*. Moscow, GEOS, 187 p.
10. Pavlidis, Yu. A. and S. L. Nikiforov, 2007: *Obstanovki morfolitogeneza v pribrezhnoj zone Mirovogo okeana (Morpholithogenesis environments in the coastal zone of the World Ocean)*. Moscow, Nauka, 455 p.
11. Pronin, A. A., A. V. Hortov, D. A. Litvinyuk, V. N. Korotaev, A. V. Porotov, and A. D. Mutovkin, 2023: Tekhnologiya i rezul'taty sejsmoakusticheskogo profilirovaniya na shel'fe Kryma v 124th rejse NIS "Professor Vodyanickij" (Technology and results of seismoacoustic profiling on the Crimean shelf during the 124th cruise of the research vessel "Professor Vodyanitsky"). Moscow, *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, **2**, 37–43, <https://doi.org/10.17513/mjpf.13511>.
12. *Reestr podvodnyh potencial'no opasnyh ob'ektov vo vnutrennih vodah i territorial'nom more Rossijskoj Federacii (Register of underwater potentially dangerous objects in the internal waters and territorial sea of the Russian Federation)*. Sankt-Peterburg, Ministerstvo Rossijskoj

- Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij, FGBOU VO Sankt-Peterburgskij universitet GPS MChS Rossii. 2019, 115 p.
13. Rimsky-Korsakov, N. A., N. Ya. Knivel', A. Yu. Kazennov, O. E. Kiknadze, A. B. Basin, and A. A. Pronin, 2022: Radiacionno opasnye ob'ekty v Rossijskoj Arktike (85-j rejs nauchno-issledovatel'skogo sudna "Akademik Mstislav Keldysh" v Karskoe more) (Radiation hazardous objects in the Russian Arctic (85th voyage of the research vessel "Akademik Mstislav Keldysh" to the Kara Sea). Moscow, *Oceanology*, **62** (3), 495–498, <https://doi.org/10.31857/S0030157422030091>.
 14. Rimsky-Korsakov, N. A., N. Ya. Knivel', M. V. Flint, A. Yu. Kazennov, O. E. Kiknadze, I. M. Anisimov, A. A. Pronin, A. V. Lesin, and V. O. Murav'ya, 2024: Issledovanie podvodnyh radioaktivnyh ob'ektov v zalive Stepovogo (Novaya Zemlya) (Study of underwater radioactive objects in Stepovogo Bay (Novaya Zemlya). Moscow, *Oceanology*, **64** (6), 1010–1019, <https://doi.org/10.31857/S0030157424060123>.
 15. Rimsky-Korsakov, N. A., N. Ya. Knivel', O. E. Kiknadze, A. A. Pronin, A. V. Mishin, and A. A. Nedospasov, 2025: Istochniki radiacionnogo zagryazneniya v Arktike v 2024 godu (97-j rejs nauchno-issledovatel'skogo sudna "Akademik Mstislav Keldysh") (Sources of radiation pollution in the Arctic in 2024 (97th voyage of the research vessel "Akademik Mstislav Keldysh"). Moscow, *Oceanology*, **65** (3), 518–521.
 16. Rimsky-Korsakov, N. A., N. V. Burdiya, A. V. Lesin, A. A. Pronin, and I. M. Anisimov, 2021: Geologo-geofizicheskie issledovaniya na shel'fe poluoostrova Krym v 115-m rejse NIS "Professor Vodyanickij" (Geological and geophysical research on the shelf of the Crimean Peninsula during the 115th cruise of the research vessel "Professor Vodyanitsky"). *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, **8**, 38–43, <https://doi.org/10.17513/mjpf.13260>.
 17. Sivincev, Yu. V., S. M. Vakulovskij, A. P. Vasil'ev, V. L. Vysockij, A. T. Gubin, V. A. Danilyan, V. I. Kobzev, V. I. Kryshev, S. A. Lavkovski, V. A. Mazokin, A. I. Nikitin, O. I. Petrov, B. G. Pologih, and Yu. I. Skori, 2005: *Tekhnogennye radionuklidy v moryah, omyvayushchih Rossiju ("Belaya kniga – 2000") (Technogenic radionuclides in the seas washing Russia ("White Book – 2000"))*. Moscow, Publ. AT, 624 p.
 18. Udalov, A. A., A. A. Vedenin, and A. I. Chava, 2018: Donnaya fauna zaliva Stepovogo (Novaya Zemlya, Karskoe more), (Bottom fauna of Stepovoi Bay (Novaya Zemlya, Kara Sea)). *Oceanology*, **58** (6), 923–932.
 19. Vyalyshchev, A. I., V. M. Dobrov, A. A. Dolgov, N. A. Rimsky-Korsakov, and B. A. Nersesov, 2019: *Ekologicheskij monitoring okrainnyh morej Rossii (Ecological monitoring of the marginal seas of Russia)*. Moscow, FGBNU "Analiticheskij centr", 240 p., ISBN 978-5-904670-55-9.

Submitted 20.05.2025, accepted 16.09.2025.

For citation: Rimsky-Korsakov, N. A., N. Y. Knivel, A. V. Khortov, A. V. Mishin, A. A. Pronin, O. E. Kiknadze, and N. F. Tikhonova, 2025: Instrumental studies of the southern coast and the bottom of Stepovoye Bay (Novaya Zemlya), *Journal of Oceanological Research*, **53** (3), 205–220, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).12](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).12).