

МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АПЛ К-27

А. Ю. Казеннов, С. А. Калмыков, О. Е. Кикнадзе,
Н. Я. Книвель, А. В. Королев, А. О. Никитин

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 17 сентября 2025 г.

Для цитирования

Казеннов А. Ю., Калмыков С. А., Кикнадзе О. Е. и др. Мониторинг радиационно-экологического состояния АПЛ К-27 // Арктика: экология и экономика. — 2026. — Т. 16, № 3. — С. 409—418. — DOI: 10.25283/2223-4594-2026-3-409-418.

Представлены результаты экспедиционных работ по мониторингу радиозэкологического состояния затопленной атомной подводной лодки (АПЛ) К-27, а также прилегающей акватории залива Степового. Приведены данные о радиационной обстановке на объекте, в морской воде и донных отложениях, о также о техническом состоянии корпуса АПЛ, которые могут быть использованы для оценки и прогнозирования ее длительного и безопасного нахождения в районе затопления.

Ключевые слова: атомная подводная лодка, затопленные ядерно и радиационно опасные объекты, радиационная и экологическая безопасность, радиационный мониторинг, радиоактивное загрязнение, экспедиционные исследования, гамма-спектрометрия, архипелаг Новая Земля.

Введение

На протяжении последних десятилетий Национальный исследовательский центр (НИЦ) «Курчатовский институт» занимается проблемами экологии Арктической зоны Российской Федерации, включая вопросы радиационного мониторинга ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО), затопленных и затонувших в морях Арктики.

Освоение Арктической зоны является стратегическим приоритетом социально-экономического развития нашего государства. Одним из ключевых вопросов реализации стратегии развития региона можно считать задачу обеспечения радиозэкологической безопасности арктических акваторий, связанную с освоением шельфовых месторождений углеводородов, развитием Северного морского пути и морского рыболовного промысла. Планирование освоения арктических ресурсов и создания объектов инфраструктуры, в том числе оборонной, требует постоянного контроля состояния ЯРОО, затопленных в районах хозяйственной деятельности и вблизи

населенных пунктов, расположенных в прибрежных областях России.

В 1964—1991 гг. в арктическом регионе проводились масштабные затопления твердых радиоактивных отходов (ТРО). До 1991 г. захоронения ТРО в морях осуществляли Военно-морской флот СССР и Мурманское морское пароходство, в котором они накапливались в результате эксплуатации атомного ледокольного флота.

Впервые информация о затоплении ТРО в морях России была опубликована в 1993 г. в докладе правительственной комиссии «Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации» [1]. По данным этого доклада, в заливах Новой Земли и в Новоземельской впадине Карского моря было захоронено шесть реакторов с невыгруженным отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), десять реакторов с выгруженным топливом и контейнер с экранной сборкой и частью ОЯТ атомного ледокола «Ленин».

Одним из объектов, вызывающих наибольшее беспокойство с точки зрения реабилитации акваторий Арктики от затопленных/затонувших ЯРОО и сниже-

ния риска радиационно-экологической опасности в Арктической зоне России, является атомная подводная лодка (АПЛ) К-27.

АПЛ К-27 проекта 645 с двумя реакторами РМ-1 и жидкометаллическим теплоносителем на основе свинцово-висмутовой эвтектики была принята в состав флота 30 октября 1963 г. В первую кампанию (1963—1967 гг.) ее реакторы правого и левого бортов выработали соответственно 97% и 94,7% расчетного ресурса, поэтому в конце 1967 г. была произведена плановая перезарядка их активных зон. Во время учений 24 мая 1968 г. из-за резкого ухудшения теплосъема в реакторе левого борта произошла авария с расплавлением части активной зоны. Ремонт лодки и восстановление аварийного реактора были признаны нецелесообразными, и в 1981 г. АПЛ К-27 законсервировали по специальной технологии и затопили в заливе Степового на глубине 31 м (Карское море, восточное побережье архипелага Новая Земля). По оценкам специалистов, суммарная активность радионуклидов в ее реакторах на момент затопления составляла 1,37 ПБк (37 кКи) [2].

Согласно архивным данным, перед затоплением все оборудование ядерной энергетической установки (ЯЭУ) и реакторный отсек подвергли консервации, которая должна была предотвратить контакт морской воды с ядерным топливом и исключить возникновение самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР). Из-за длительного срока нахождения в морской воде (более 40 лет) и высокой степени обогащения невыгруженного топлива К-27 считается самым ядерно опасным объектом с ОЯТ, затопленным в Мировом океане. По оценкам НИЦ «Курчатовский институт», суммарная активность в реакторах АПЛ в 2026 г. уменьшилась до 457,2 ТБк (12,4 кКи).

Обследования АПЛ К-27 неоднократно проводились в течение трех последних десятилетий. Началось работам по радиационному мониторингу этого объекта положили совместные российско-норвежские экспедиции 1993 и 1994 гг. Затем с 2002 по 2010 гг. МЧС России организовало серию плановых экспедиционных работ по обследованию подводных потенциально опасных объектов в Карском море, включая К-27, для создания и ведения Реестра подводных потенциально опасных объектов (ППОО). Данные, накопленные в ходе многолетних исследований, позволяют с достаточной уверенностью судить о современном состоянии защитных барьеров К-27 и радиозоологической обстановке в районе ее затопления.

Наибольший объем данных был получен в результате комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО) АПЛ, проведенного НИЦ «Курчатовский институт» совместно с Минобороны, МЧС России, СПМБМ «Малахит», Центром подводных исследований Русского географического общества (ЦПИ РГО) и Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН [3] в 2021 г.

Методы обследования и используемое оборудование

Главной целью всех исследований в области радиационного мониторинга, проводимых в Арктической зоне России, была оценка влияния затопленных/затонувших ЯРОО на экологическую обстановку и здоровье населения прибрежных районов, а наиболее важной задачей — прогнозирование радиационного состояния затопленных объектов и принятие обоснованных решений о дальнейшем обращении с ними. Для решения этой задачи недостаточно эпизодического получения сведений об уровнях радиоактивного загрязнения в местах затопления ТРО. Необходим системный подход и компиляция данных, полученных из различных источников, анализ которых позволит разработать возможные сценарии развития событий и ляжет в основу концепции дальнейшего обращения с ЯРОО.

Одной из главных задач систематического обследования АПЛ К-27 становится обнаружение выхода из реакторов техногенных радионуклидов, что будет прямым доказательством нарушения целостности их защитных барьеров.

Для повышения эффективности исследований в экспедициях НИЦ «Курчатовский институт» используется комбинированный подход, включающий как прямые гамма-спектрометрические измерения с помощью подводной аппаратуры радиационного контроля, так и отбор образцов с объекта наблюдения и проб окружающей среды с последующим их анализом в лабораторных условиях.

Поскольку при дозиметрических измерениях невозможно разделить техногенные и природные источники излучения, самым точным из оперативных методов обнаружения мест выхода радионуклидов за пределы корпуса АПЛ считаются прямые гамма-спектрометрические измерения.

Для проведения таких исследований специалисты НИЦ «Курчатовский институт» используют измерительные комплексы в составе телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА) с размещенными на них подводными гамма-спектрометрами. Подобная методика позволяет подойти вплотную к объекту и провести регистрацию спектра гамма-излучения непосредственно на корпусе лодки, при этом расположение точек проведения измерений может быть определено с высокой точностью благодаря видеокамерам ТНПА.

Для решения широкого круга задач по радиационному обследованию затопленных объектов и акваторий в НИЦ «Курчатовский институт» была создана линейка подводных спектрометров серии РЭМ. Обладая высокой чувствительностью, они позволяют с хорошей точностью анализировать содержание природных и техногенных радионуклидов в воде, грунте и на поверхности подводных объектов.

Однако более полную картину текущего состояния АПЛ может дать только сочетание нескольких методов обследования. Взятие образцов легкого

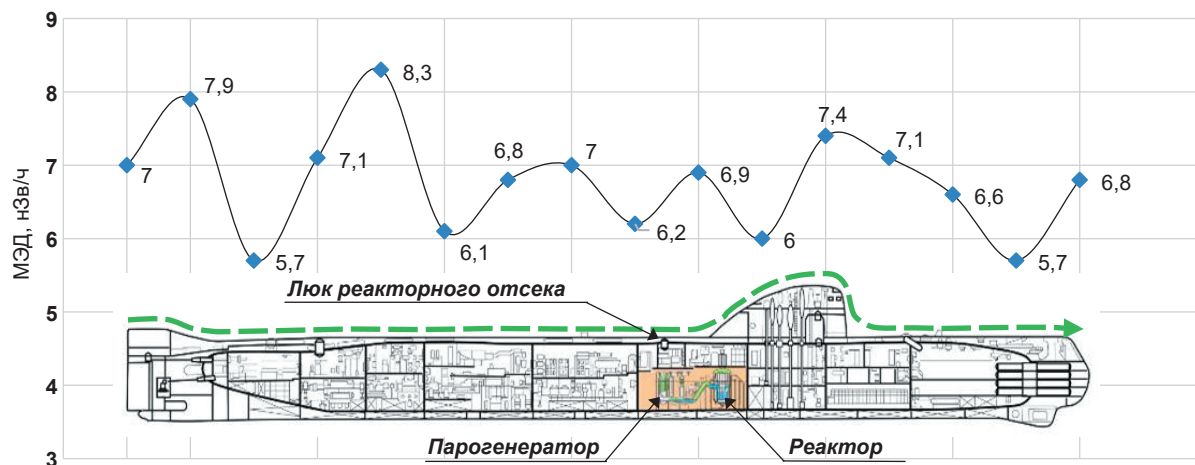


Рис. 1. Результаты первичной оценки радиационной обстановки вблизи корпуса АПЛ К-27, выполненной перед началом водолазных работ. Зеленым пунктиром показан маршрут движения ТНПА с размещенным на нем подводным гамма-спектрометром РЭМ

Fig. 1. Results of the initial assessment of radiation environment near the K-27 NS hull, recorded before the start of diving operations. The green dotted line shows the route of the ROV carrying the SEM underwater gamma spectrometer

и прочного корпусов для последующего материаловедческого анализа позволяет оценить степень деградации защитных барьеров лодки, а отбор проб воды, донных отложений и биоты на разном удалении от объекта и их дальнейший анализ в лабораторных условиях — дать более полную картину радиационного влияния АПЛ на окружающую среду.

Результаты исследований

Комплексное инженерное и радиационное обследование АПЛ К-27

В 2021 г. для оценки состояния АПЛ К-27 и подготовки рекомендаций по дальнейшему обращению с ней было проведено КИРО, программа которого включала радиационное обследование с помощью телеуправляемого гамма-спектрометрического комплекса, выполнение водолазных работ с отбором проб фрагментов легкого и прочного корпусов, донного грунта, а также фото- и видеосъемки объекта с помощью подводных камер высокого разрешения.

Оценка радиационной обстановки проводилась перед основными работами в непосредственной близости от АПЛ, поскольку необходимо было получить подтверждение безопасности выполнения водолазных работ. Для этого использовалось подводное телеуправляемое техническое средство в составе ТНПА РБ-300 с размещенным на нем подводным гамма-спектрометром РЭМ-26 (детектор NaI (TI) Ø60×100 мм). Первичная оценка радиационной обстановки была выполнена при прохождении аппарата вдоль АПЛ на расстоянии 1—2 м от легкого корпуса со скоростью примерно 0,1 м/с (рис. 1).

В ходе первичного обследования в режиме реального времени фиксировались мощность эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения и объемная активность радионуклидов в морской воде. Регистрация

спектров осуществлялась циклически с экспозицией единичного спектра 50 с. Было установлено, что значение МЭД в воде вокруг АПЛ не превышало 8,3 нЗв/ч (см. рис. 1), что значительно меньше среднего значения естественного гамма-фона на дне залива [3]. В частности, значения МЭД, зарегистрированные на донном грунте и обусловленные исключительно естественными радионуклидами, составляли не более 0,45 мкЗв/ч. Это позволило сделать вывод о радиационной безопасности водолазных работ, после чего водолазы ЦПИ РГО приступили к разметке корпуса АПЛ с помощью мерной ленты, провели фото- и видеосъемку палубы, надстройки, верхней и нижней частей легкого корпуса, а также прилегающего участка морского дна.

Для проведения гамма-спектрометрических измерений на прочном корпусе водолазы сделали технологические вырезы в трех местах легкого корпуса: в районе парогенератора и реактора левого борта, а также в районе реактора правого борта. Сделать отверстие в районе парогенератора правого борта не удалось по техническим причинам.

Измерения на прочном корпусе выполнялись с помощью подводного гамма-спектрометра РЭМ-26, закрепленного на полуметровой штанге. Водолаз последовательно устанавливал прибор в подготовленные отверстия, фиксируя его на прочном корпусе. Наибольшее значение МЭД было зарегистрировано в районе парогенератора левого борта (рис. 1, 2) — 2,5 мкЗв/ч, что примерно в 20 раз превышает средний естественный фон на суше (0,12 мкЗв/ч) [3].

Анализ гамма-спектров предсказуемо показал, что форма всех трех спектров почти полностью определяется влиянием радионуклида ^{137}Cs . В спектре 3, зарегистрированном в точке прочного

корпуса К-27, максимально приближенной к реактору правого борта, удалось выделить слабое влияние ^{60}Co (линии 1173,2 и 1332,5 кэВ). В двух других спектрах обнаружить эти два пика не удалось, несмотря на то, что интегральная счетность спектров 1 и 2 заметно выше. Во всех спектрах, представленных на рис. 2, очень велика доля рассеянного излучения. Пики полного поглощения слабо выражены, что свидетельствует о сильно заглубленном источнике излучения, который находится внутри прочного корпуса АПЛ и дополнительно экранирован стенками реакторов, парогенераторов и конструктивными элементами реакторного отсека.

Другая картина была получена при исследовании загрязнения легкого корпуса АПЛ К-27. Измерения проводились в режиме реального времени с помощью телеуправляемого гамма-спектрометрического комплекса в составе ТПА РБ-300 и размещенного на нем подводного гамма-спектрометра РЭМ-26.

Длительность экспозиции в каждой точке была выбрана равной 3 мин (180 с), чтобы обеспечить возможность уверенного обнаружения в спектре линий техногенных источников излучения.

По результатам этих измерений была составлена картограмма уровней гамма-излучения на легком корпусе лодки, над реакторным отсеком. Пространственное распределение значений МЭД на палубе четвертого (реакторного) отсека, а также взаимное расположение точек, в которых были проведены измерения, представлены на рис. 3. Максимальное значение МЭД (0,092 мкЗв/ч) было зафиксировано в районе люка реакторного отсека (т. 22) и примерно соответствует уровню естественного радиационного фона на суше.

Характерные спектры, также представленные на рис. 3, имеют выраженные пики полного поглощения и сформированы в основном под влиянием радионуклида ^{137}Cs и естественного радионуклида ^{40}K , присутствующего в морской воде и тонком слое наносных грунтовых отложений на корпусе лодки. Относительно небольшой вклад рассеянного излучения свидетельствует о том, что в данном случае речь идет о поверхностном загрязнении легкого корпуса АПЛ, которое скорее всего обусловлено остаточным загрязнением корпуса после его частичной дезактивации на этапе подготовки АПЛ к затоплению.

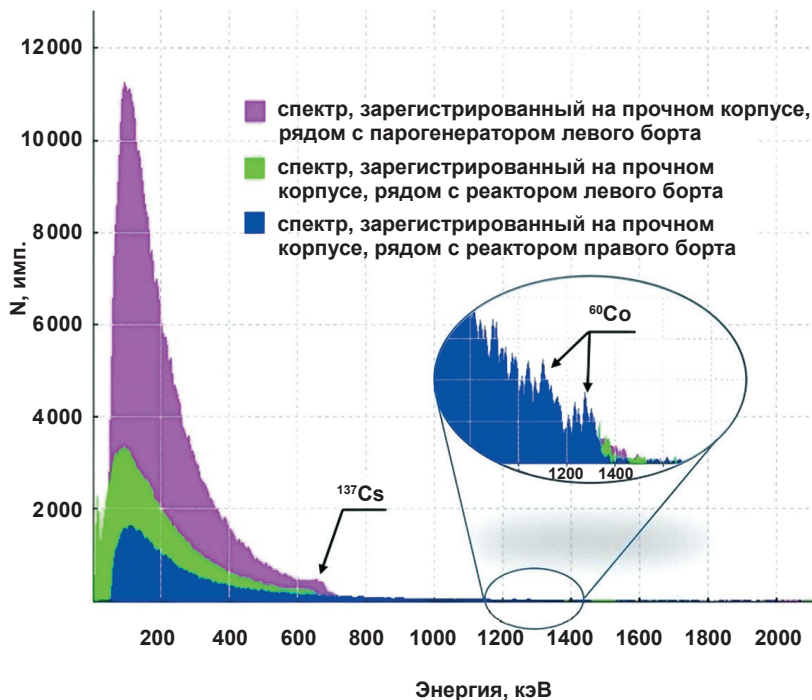


Рис. 2. Суммарные спектры, полученные на прочном корпусе АПЛ К-27 с помощью подводного гамма-спектрометра РЭМ. Спектр 1 был зарегистрирован в районе парогенератора правого борта, спектр 2 — рядом с реактором левого борта, спектр 3 — рядом с реактором правого борта

Fig. 1. Summary spectra obtained on the K-27 NS pressure hull using the SEM underwater gamma spectrometer. Spectrum 1 was recorded near the starboard steam generator, spectrum 2 — near the port reactor, and spectrum 3 — near the starboard reactor

Долговременные радиационные измерения в районе люка реакторного отсека АПЛ К-27

В 2023 и 2024 гг. [5; 6] были проведены долговременные радиационные измерения в люке реакторного отсека АПЛ К-27 (расположение люка реакторного отсека показано на рис. 1). С помощью ТНПА на прочном корпусе АПЛ в пространстве между горловиной люка реакторного отсека и конструктивными элементами легкого корпуса был установлен спектрометр РЭМ. Суммарная экспозиция измерений составила соответственно 21 ч 10 мин в 2023 г. и 20 ч 35 мин в 2024 г. Такие измерения проводились впервые и стали возможны только после того, как в рамках работ по КИРО 2021 г. была удалена крышка люка реакторного отсека.

Наиболее интересными оказались результаты долговременных измерений в 2024 г., когда на прочном корпусе был установлен спектрометр РЭМ-4-50 с детектором на основе кристалла CeBr_3 , разрешение которого (4% для энергии 661,7 кэВ) позволяет разделять в спектре близко расположенные пики [6]. Спектр гамма-излучения, зарегистрированный в 2024 г. на прочном корпусе в люке реакторного отсека АПЛ К-27, представлен на рис. 4. Анализ спектра показал, что основным дозообразующим радионуклидом, как и ожидалось, является ^{137}Cs . Помимо цезия в спектре удалось выявить присутствие техногенных радионуклидов активационного

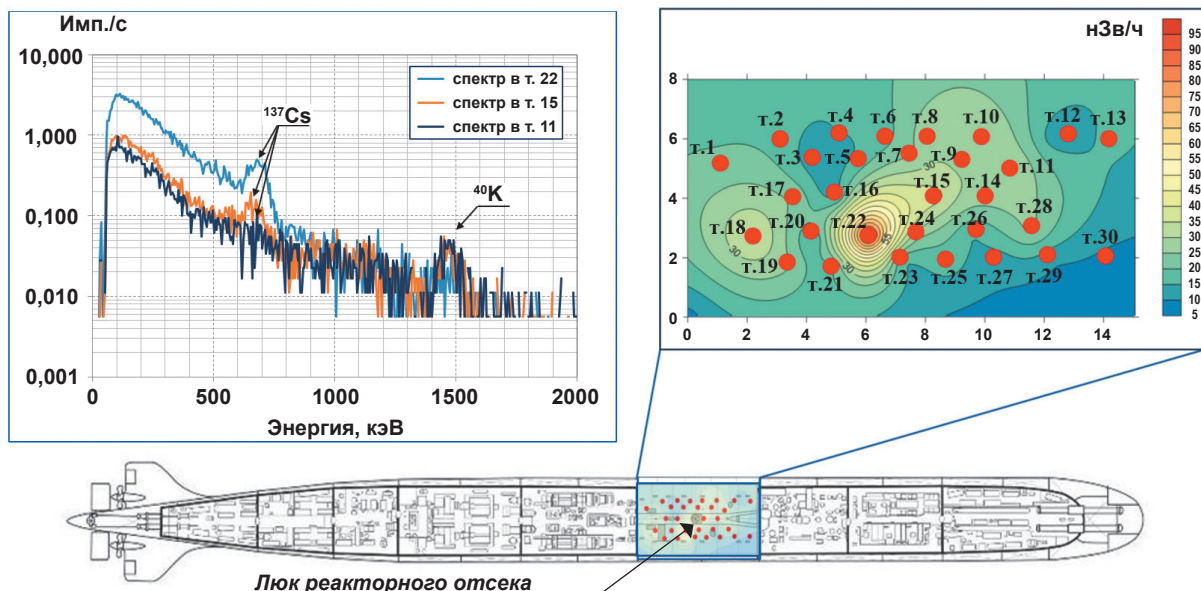


Рис. 3. Картограмма уровней МЭД на легком корпусе АПЛ К-27 над реакторным отсеком. Слева: спектры, зарегистрированные в точках 11, 15 и 22 на палубе реакторного отсека АПЛ К-27

Fig. 3. Cartogram of EDR (equivalent dose rate) values measured on the K-27NS reactor compartment. Left: spectra recorded at points 11, 15, and 22 on the K-27 NS reactor compartment deck

происхождения ^{152}Eu и ^{154}Eu , образовавшихся в результате нейтронного облучения стержней системы управления и защиты реакторов.

Естественные радионуклиды представлены наиболее распространенным в морской среде радионуклидом ^{40}K , а также входящими в уран-ториевый ряд ^{208}Tl и ^{214}Bi , присутствие которых, по-видимому, объясняется наличием слоя наносных грунтовых

отложений в горловине люка реакторного отсека. В точке проведения измерений была зарегистрирована МЭД, равная 0,36 мкЗв/ч. Перечень техногенных и естественных радионуклидов, обнаруженных в спектре, представлен на рис. 4, а оценка их парциальных вкладов в МЭД приведена в табл. 1.

Из рис. 4 следует, что радиоактивное загрязнение в горловине люка реакторного отсека также носит

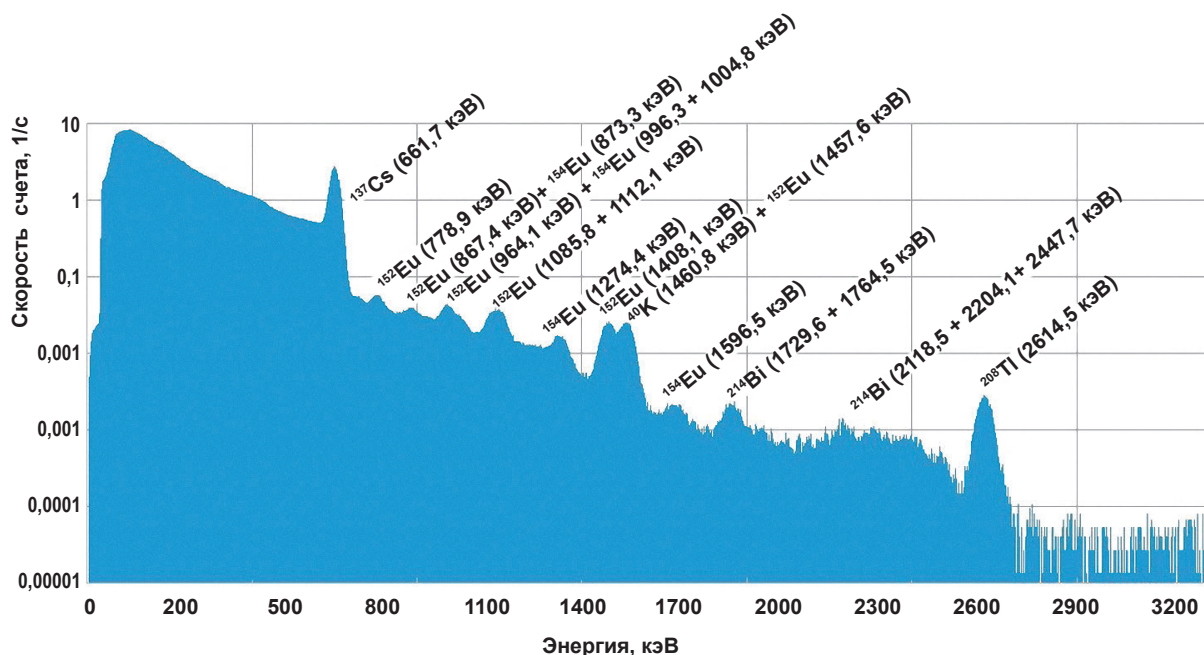


Рис. 4. Спектр гамма-излучения, зарегистрированный в 2024 г. в люке реакторного отсека АПЛ К-27 с помощью подводного гамма-спектрометра РЭМ-4-50(CeBr_3)

Fig. 4. Gamma radiation spectrum recorded in 2024 in the hatch of the K-27 NS reactor compartment using the SEM-4-50(CeBr_3) underwater gamma spectrometer

поверхностный характер, о чем свидетельствуют четко выраженные пики полного поглощения и характерная форма рассеянной части спектра.

В случае нарушения целостности защитных барьеров, предотвращающих выход радиоактивности из ОЯТ реакторов АПЛ К-27, радиоактивные вещества неизбежно попадут во внутреннее пространство реакторного отсека. Это приведет к возникновению объемного источника излучения с постепенно увеличивающейся активностью, который будет детектироваться с внешней стороны прочного корпуса лодки как заглубленный источник рассеянного излучения. Таким образом, соотношение рассеянной и нерассеянной частей спектра, зарегистрированного в определенных точках прочного корпуса АПЛ, можно использовать как эффективный индикатор текущего состояния защитных барьеров объекта.

Разместив на АПЛ К-27 автономную систему спектрометрического контроля, можно дистанционно неразрушающими методами оценивать текущее состояние реакторов и целостность защитных барьеров внутри реакторного отсека по трем параметрам:

- контроль увеличения интегральной счетности спектра;
- контроль увеличения вклада рассеянной части спектра;
- контроль спектра гамма-излучения в «жестком» энергетическом диапазоне (4—8 МэВ), что позволяет в случае активации нейтронами ядер железа и никеля зарегистрировать возникновение в них неконтролируемых нейтронных потоков, т. е. установить факт возникновения СЦР.

Эта методика легла в основу проекта создания и размещения на АПЛ подводной станции постоянного радиационного мониторинга (ПСПРМ). В конце 2025 г. головной образец ПСПРМ успешно прошел приемочные испытания и был рекомендован к использованию в Арктической зоне России, в том числе в акваториях СМП.

Спектрометрические исследования проб грунта, отобранных вблизи АПЛ К-27

Исследование параметров радиоактивного загрязнения донных отложений играет важную роль в проведении радиационного мониторинга акваторий, поскольку многие типы морских грунтов способны активно накапливать радиоактивные вещества, что делает их хорошим маркером загрязнения морской среды в районах затопления контейнеров с ТРО и ЯРОО.

Таблица 1. Парциальные вклады радионуклидов в МЭД (по данным долговременных радиационных измерений в люке реакторного отсека АПЛ К-27, рис. 4)

Table 1. Partial contributions of radionuclides to the EDR (based on long-term radiation measurements in the K-27 NS reactor compartment hatch, Fig. 4)

№ п/п	Радионуклид	Период полураспада	Вклад в МЭД, %
<i>Техногенные радионуклиды</i>			
1	^{137}Cs	30,07 лет	87,4
2	^{152}Eu	13,54 лет	2,15
3	^{154}Eu	8,59 лет	1,6
<i>Естественные радионуклиды</i>			
4	^{40}K	$1,3 \cdot 10^9$ лет	8,8
5	^{208}Tl	3,053 мин	0,02
6	^{214}Bi	19,9 мин	0,03

В исследованиях 2021 г. отбор кернов донных отложений для дозиметрических и гамма-спектрометрических измерений проводился преимущественно с использованием прямоточной гравитационной трубки Неймисто с борта научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш» [7].

Вблизи АПЛ отбор проб с целью изучения зависимости концентрации ^{137}Cs в грунте от глубины его залегания был проведен в 6 точках (рис. 5). Лабораторные исследования этих проб не выявили явной тенденции к уменьшению концентрации цезия по мере заглубления. В среднем удельная активность ^{137}Cs в морском грунте в районе затопления АПЛ составила 25 ± 15 Бк/кг, что не является высоким показателем и хорошо согласуется с данными по концентрации цезия, полученными для многих заливов Новой Земли, уровни радиационного загрязнения в которых обусловлены последствиями глобальных выпадений и влиянием ядерных испытаний на Центральном полигоне Российской Федерации.

Контрольные пробы грунта были отобраны во внутренней части залива Степового на удалении 5—8 км от АПЛ. На рис. 6 представлены усредненные профили содержания ^{137}Cs в грунте для внутренней (усреднение по 7 кернам) и внешней (усреднение по 9 кернам) частей залива Степового [5]. Как показали результаты измерений проб, содержание ^{137}Cs во внутренней части залива оказалось заметно выше (30—60 Бк/кг), чем непосредственно в месте затопления АПЛ К-27. Этот результат хорошо согласуется с ранее проведенными исследованиями, в частности, с данными по концентрации ^{137}Cs в грунте, полученными во время совместной российско-норвежской экспедиции 2013 г., в ходе которой для внутренней части залива Степового были получены значения 36—67 Бк/кг [8].

Как видно из рис. 6, для обеих частей залива на глубине 3—7 см отмечается максимальный уровень содержания ^{137}Cs в донных отложениях [3]. При этом средний уровень загрязнения донных отложений во внешней части залива Степового примерно в три раза ниже, чем во внутренней, что явно указывает на то, что основным источником загрязнения донных отложений в заливе Степового является не АПЛ К-27, а 1917 контейнеров с ТРО, которые были затоплены во внутренней части залива в период с 1968 по 1975 гг.

Заключение

В 2021 г. НИЦ «Курчатовский институт» впервые провел комплексные инженерно-радиационные исследования АПЛ К-27, включавшие радиационный мониторинг залива Степового, водолазные работы, съемку акустических портретов затопленных объектов многоручевым эхолотом, прямые спектрометрические измерения и широкий спектр мероприятий по отбору образцов морских сред и конструкционных материалов. Последующие обследования в рамках ежегодных экспедиционных работ позволили контролировать целостность защитных барьеров и отслеживать динамику изменения радиационного состояния АПЛ и акватории залива. Выполненные исследования позволили получить достоверные данные о текущем состоянии К-27 и акватории ее затопления, в частности:

1. В результате серии прямых спектрометрических измерений было установлено, что радиационное загрязнение в районе затопления АПЛ и на ее легком корпусе соответствует фоновым или околофоновым значениям. По состоянию на 2025 г. выход техногенных радионуклидов в окружающую морскую среду не обнаружен, разгерметизация прочного корпуса не выявлена, защитные барьеры, обеспечивающие ядерную и радиационную безопасность на объекте, сохраняют целостность.

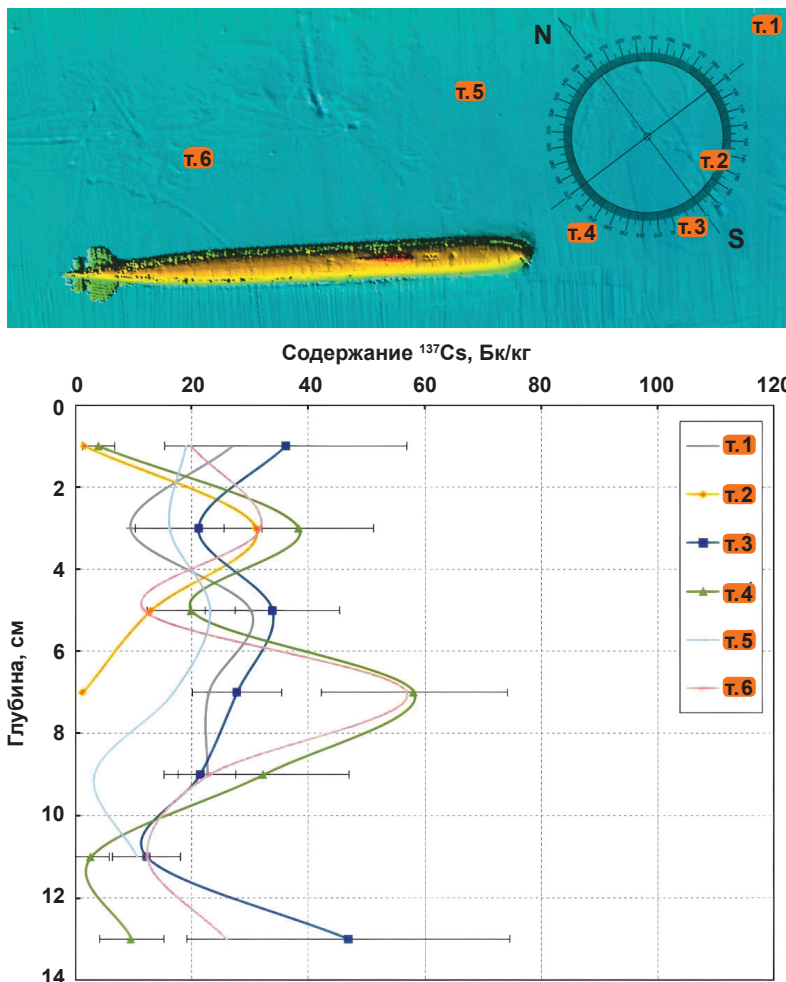


Рис. 5. Профили распределения концентрации ^{137}Cs в грунте по глубине вблизи АПЛ К-27

Fig. 5. Distribution profiles of ^{137}Cs concentration in the bottom soil by depth near the K-27 NS

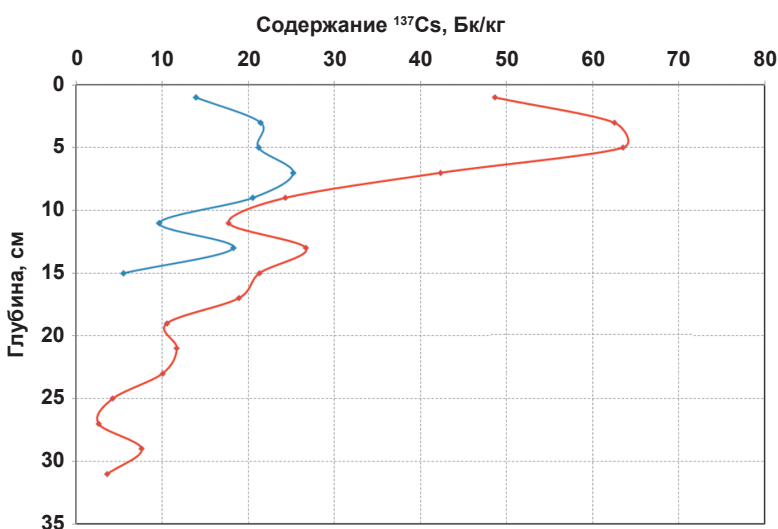


Рис. 6. Сравнение усредненных профилей содержания ^{137}Cs по глубине кернов донного грунта для внутренней (красная кривая) и внешней (синяя кривая) частей залива Степового

Fig. 6. Comparison of averaged profiles of ^{137}Cs concentration in the bottom soil by depth for the inner (red curve) and outer (blue curve) parts of Stepovogo Bay

2. Исследования с помощью телеуправляемых спектрометрических комплексов на базе подводных гамма-спектрометров серии РЭМ позволили обнаружить на прочном корпусе АПЛ в районе люка реакторного отсека локальный участок загрязнения с уровнем МЭД, превышающим фоновые значения. Основным дозообразующим радионуклидом предсказуемо оказался ^{137}Cs , однако анализ данных, полученных при длительных (более 20 ч) автономных измерениях, позволил выявить в спектре вклады активационных радионуклидов ^{152}Eu и ^{154}Eu , а также естественных радионуклидов ^{40}K , ^{208}Tl и ^{214}Bi .

Участок с повышенным уровнем МЭД локализован, не связан с выходом радиоактивных материалов из реакторного отсека и не представляет опасности для локальных экосистем Карского моря и населения прибрежных районов. Скорее всего, наличие радиоактивного пятна с повышенным содержанием ^{137}Cs обусловлено остаточным загрязнением корпуса лодки после мероприятий по дезактивации на этапе подготовки АПЛ К-27 к затоплению.

3. Из результатов исследования содержания техногенных радионуклидов в донных отложениях вблизи места затопления АПЛ можно отметить лишь присутствие ^{137}Cs , активность которого относительно невелика (25 ± 15 Бк/кг), что свидетельствует об отсутствии значимого выхода радиоактивных материалов из АПЛ. В настоящее время установлено и подтверждено независимыми исследованиями, что основным источником загрязнения донных отложений техногенными радионуклидами являются контейнеры с ТРО, затопленные с 1968 по 1975 гг. во внутренней части залива Степового.

4. Результаты проведенных исследований позволили разработать метод дистанционного неразрушающего мониторинга состояния защитных барьеров АПЛ и частично подготовить объект к размещению на нем автономной системы удаленного контроля состояния реакторов. Этот метод был положен в основу проекта создания и размещения на К-27 подводной станции постоянного радиационного мониторинга. В конце 2025 г. ее головной образец успешно прошел приемочные испытания и был рекомендован к использованию в Арктической зоне России, в том числе в акваториях СМП. В связи с большим объемом экспериментальных, расчетных и конструкторских материалов по этой теме изложить ее более подробно в рамках данной статьи не представляется возможным.

Финансирование

Статья подготовлена в соответствии с приказом НИЦ «Курчатовский институт» № 5483 от 27 декабря 2024 г. Работы проводились в рамках государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации».

Литература/References

1. Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации: материалы доклада / Администрация Президента РФ, Правительство, комиссия по вопросам, связанным с захоронением в море радиоактив. отходов. — М., 1993. Facts and problems related to the disposal of radioactive waste in the seas washing the territory of the Russian Federation: materials of the report. Administration of the President of the Russian Federation, Government Commission on issues related to the disposal of radioactive waste at sea. Moscow, 1993. (In Russian).
2. Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Васильев А. П. и др. Радиоэкологические последствия затопления радиоактивных отходов в морях, омывающих Россию (Белая книга-2000). — М.: ИздАТ, 2005. Sivintsev Yu. V., Vakulovsky S. M., Vasiliev A. P. et al. Radioecological consequences of dumping radioactive waste in the seas washing Russia ("White Book-2000"). Moscow, IzdAT, 2005. (In Russian).
3. Кикнадзе О. Е., Казеннов А. Ю., Минишев Р. А. и др. Итоговый научно-технический отчет о результатах комплексного инженерного и радиационного обследования АПЛ К-27 / НИЦ «Курчатовский институт». — М., 2022. Kiknadze O. E., Kazennov A. Yu., Minishev R. A., Kalmykov S. A., Nikitin A. O. Final scientific and technical report on the results of a comprehensive engineering and radiation survey of the K-27 NPS. NRC "Kurchatov Institute". Moscow, 2022. (In Russian).
4. Садкин К. Е., Вихарева Т. В., Захаренко Ю. В. и др. Аннотационный технический отчет «Экспертная оценка состояния металлопроката, использованного при строительстве корпусных конструкций проекта № 645» / ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» им. академика И. В. Горынина НИЦ «Курчатовский институт». — СПб., 2021. Sadkin K. E., Vikhareva T. V., Zakharenko Yu. V., Anderson E. V., Kochergin D. V. Annotation technical report "Expert assessment of the condition of rolled metal products used in the construction of hull structures of project No. 645". Central Research Institute of Structural Materials "Prometey" named after academician I. V. Gorynin of the NRC "Kurchatov Institute". St. Petersburg, 2021. (In Russian).
5. Римский-Корсаков Н. А. и др. Итоговый отчет выполнения научно-исследовательской работы по теме: «Исследование состояния подводных потенциально опасных объектов в Карском и Баренцевом морях и их влияния на локальные экосистемы арктических морей в 2023 году» / Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. — М., 2023. Rimsky-Korsakov N. A. et al. Final report on the implementation of research work on the topic: "Study of the state of underwater potentially hazardous objects in the Kara and the Barents Seas and their impact on local ecosystems of the Arctic seas in 2023". Shirshov

Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2023. (In Russian).

6. Римский-Корсаков Н. А. и др. Итоговый отчет выполнения научно-исследовательской работы по теме: «Исследование состояния подводных потенциально опасных объектов в Карском море и их влияние на локальные экосистемы Арктики» / Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. — М., 2024.

Rimsky-Korsakov N. A. et al. Final report on the implementation of research work on the topic: "Study of the state of underwater potentially hazardous objects in the Kara Sea and their impact on local ecosystems of the Arctic". Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2024. (In Russian).

7. Римский-Корсаков Н. А. и др. Итоговый отчет выполнения научно-исследовательской работы по теме «Исследование состояния подводных потенциально опасных объектов в Карском море и их влияния на региональную экологию» / Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. — М., 2021.

Rimsky-Korsakov N. A. et al. Final report on the implementation of research work on the topic "Study of the state of underwater potentially hazardous objects in the Kara Sea and their impact on regional ecology" Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2021. (In Russian).

8. Гвинн Дж. П., Никитин А. Т. и др. Совместное исследование норвежско-российской экспертной группой радиоактивного состояния Степового фьорда: места захоронения атомной подводной лодки К-27 и твердых радиоактивных отходов / Норвегия NRPA, Российская ассоциация Typhyn. — [Б. м.], 2013. — 86 с.

Gwynn J. P., Nikitin A. T. et al. Joint Norwegian-Russian Expert Group investigation into the radioecological status of Stepovogo Fjord: The dumping site of the nuclear submarine K-27 and solid Radioactive Waste. Norway NRPA, Russian Association Typhyn. [S. l.], 2013, 86 p. (In Russian).

Информация об авторах

Казеннов Алексей Юрьевич, начальник лаборатории, НИЦ «Курчатовский институт» (123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Kazennov_AY@nrcki.ru.

Калмыков Сергей Александрович, начальник группы, НИЦ «Курчатовский институт» (123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Kalmykov_SA@nrcki.ru.

Кикнадзе Олег Евгеньевич, старший научный сотрудник, НИЦ «Курчатовский институт» (123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Kiknadze_OE@nrcki.ru.

Книгель Николай Янович, заместитель начальника управления, НИЦ «Курчатовский институт» (123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Knivel_NY@nrcki.ru.

Королев Андрей Викторович, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по арктическим исследованиям, НИЦ «Курчатовский институт» (123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Korolev_AV@nrcki.ru.

Никитин Александр Олегович, научный сотрудник, НИЦ «Курчатовский институт» (123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Nikitin_AO@nrcki.ru.

MONITORING THE RADIOECOLOGICAL STATUS OF THE K-27 NS

Kazennov, A. Yu., Kalmykov, S. A., Kiknadze, O. E., Knivel, N. Ya., Korolev, A. V., Nikitin, A. O.

National Research Center «Kurchatov Institute» (Moscow, Russian Federation)

The article was received on September 17, 2025

For citing

Kazennov A. Yu., Kalmykov S. A., Kiknadze O. E., Knivel N. Ya., Korolev A. V., Nikitin A. O. Monitoring the radioecological status of the K-27 NS. Arctic: Ecology and Economy, 2026, vol. 16, no. 3, pp. 409—418. DOI: 10.25283/2223-4594-2026-3-409-418. (In Russian).

Abstract

The article presents the field study results on monitoring the radioecological status of the dumped nuclear submarine (NS) K-27, as well as the area of its dumping. It provides current data on the state of the NS hull and the radiation situation near the NS and on its hull, which can be used to predict the radiation situation at the dumping site.

Keywords: nuclear submarine (NS), dumped nuclear- and radiation-hazardous objects, radiation and environmental safety, radiation monitoring, radioactive contamination, field studies, gamma spectrometry, Novaya Zemlya Archipelago.

Funding

In accordance with the order of the National Research Center “Kurchatov Institute” no. 5483 dated December 27, 2024, the research was carried out within the framework of the State Program of the Russian Federation “Scientific and Technological Development of the Russian Federation”.

Information about the authors

Kazennov, Aleksey Yuryevich, Head of Laboratory, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Square, Moscow, Russia, 123182), e-mail: Kazennov_AY@nrcki.ru.

Kalmykov, Sergey Aleksandrovich, Head of Group, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Square, Moscow, Russia, 123182), e-mail: Kalmykov_SA@nrcki.ru.

Kiknadze, Oleg Evgenievich, Senior Researcher, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Square, Moscow, Russia, 123182), e-mail: Kiknadze_OE@nrcki.ru.

Knivel, Nikolay Yanovich, Deputy Head of Department, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Square, Moscow, Russia, 123182), e-mail: Knivel_NY@nrcki.ru.

Korolev, Andrey Viktorovich, PhD in Physics and Mathematics, Deputy Director for Arctic Research, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Square, Moscow, Russia, 123182), e-mail: Korolev_AV@nrcki.ru.

Nikitin, Alexander Olegovich, Research Fellow, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Square, Moscow, Russia, 123182), e-mail: Nikitin_AO@nrcki.ru.

© Kazennov A. Yu., Kalmykov S. A., Kiknadze O. E., Knivel N. Ya., Korolev A. V., Nikitin A. O., 2026