

Оценка радиационного состояния территории и прибрежной акватории поселка Амдермы Ненецкого автономного округа

Шандала Н.К., Шитова А.А., Исаев Д.В., Бельских Ю.С., Титов А.В., Семенова М.П.,
Филонова А.А.

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия

Настоящая публикация отражает продолжающийся цикл работ, посвященных изучению радиационно-гигиенической обстановки на территориях Арктической зоны Российской Федерации, с целью оценки первичных (фоновых) уровней содержания техногенных радионуклидов перед началом работ по подъему и утилизации затопленных и затонувших радиационных объектов с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами на основании Плана мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утвержденной Постановлением Правительства № 645 от 26 октября 2020 года. Материалы и методы: Радиационное исследование проводилось в прибрежной зоне районов проживания населения, близлежащих к месту затопления атомной подводной лодки «К-27» и радиационных объектов в Карском море, – пос. Амдерма Ненецкого автономного округа, а также его естественной акватории. Проводились измерения мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения на открытой местности методом пешеходной гамма-съемки и определения содержания техногенных радионуклидов в пробах объектов окружающей среды (почва, донные отложения, водная растительность) и пищевых продуктов местного происхождения гамма-спектрометрическим и радиометрическим методами с предварительным отбором проб в установленном порядке согласно действующим нормативным документам и методическим указаниям. Результаты исследования и обсуждение: Результаты исследований показали, что состояние исследуемой территории стабильное по радиационному фактору; содержание радионуклидов находится на фоновом уровне, характерном для Ненецкого автономного округа, не превышая нормативов по радиационной безопасности. Проведена оценка доз внешнего и внутреннего облучения населения поселка. Заключение: Показано, что доза облучения населения формируется преимущественно за счет природных источников излучения. В рамках выполнения данной работы разработан электронный модуль базы данных по полученным результатам радиационного мониторинга в пос. Амдерме, входящий в общую базу данных (свидетельство о регистрации № 2022621890).

Ключевые слова: Арктическая зона, атомная подводная лодка, К-27, затопленные объекты, радиационный мониторинг, поселок Амдерма, техногенные радионуклиды, подъем затопленных объектов.

Введение

Арктическая зона является перспективной территорией Российской Федерации с позиции обеспечения национальной безопасности, социально-экономического и научно-технологического развития. Реализация инновационных проектов в Арктике приобретает особую важность для формирования стратегических национальных приоритетов. Основной задачей является максимально эффективное использование природных ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики и повышения качества жизни и благосостояния населения. Освоение новых месторождений суши и прибрежно-шельфовой зоны, увеличение уровня транзитного грузопотока по Северному морскому пути и объемов перевалки грузов в портах Арктического бассейна определяют необходимость оценки потенциального экологического ущерба и определения значимости факторов возможного негативного воздействия на уникальные арктические экосистемы в настоящее время и в будущем.

Вследствие глобальных и локальных выпадений продуктов ядерных испытаний, проведенных в 1949–1990 гг. СССР,

размещения значительного количества промышленных, оборонных объектов, захоронений твердых и жидких радиоактивных отходов (ТРО, ЖРО), а также затопления радиационно опасных объектов в акваториях Карского и Баренцева морей (рис. 1) экосистема Арктики в большей степени подвергается потенциальному риску радиоактивного загрязнения [1].

В настоящее время состояние этих объектов не представляет опасности для человека и биоты морской среды [2]. Но проведение работ по их подъему и транспортировке для утилизации потенциально могут привести к нарушению защитных оболочек и аварийному поступлению радионуклидов в морскую среду и загрязнению прибрежной арктической территории. Наибольшую опасность представляют затопленные объекты, которые содержат отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) с массой, превышающей критическую, что не исключает возможность возникновения самопроизвольной цепной реакции (СЦР). В частности, таким объектом является затопленная в 1981 г. в заливе Степового Карского моря у восточного побережья архипелага Новая Земля атомная подводная лодка (АПЛ) «К-27» (рис. 1). В реакторном отсеке АПЛ находятся два реактора с жидкометаллическим теплоносителем, содержащие ОЯТ, что создает риск возникновения СЦР в случае проникновения воды в активную зону [4].

Шитова Анастасия Александровна

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна

Адрес для переписки: 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46; E-mail: shitovanastasia23@mail.ru

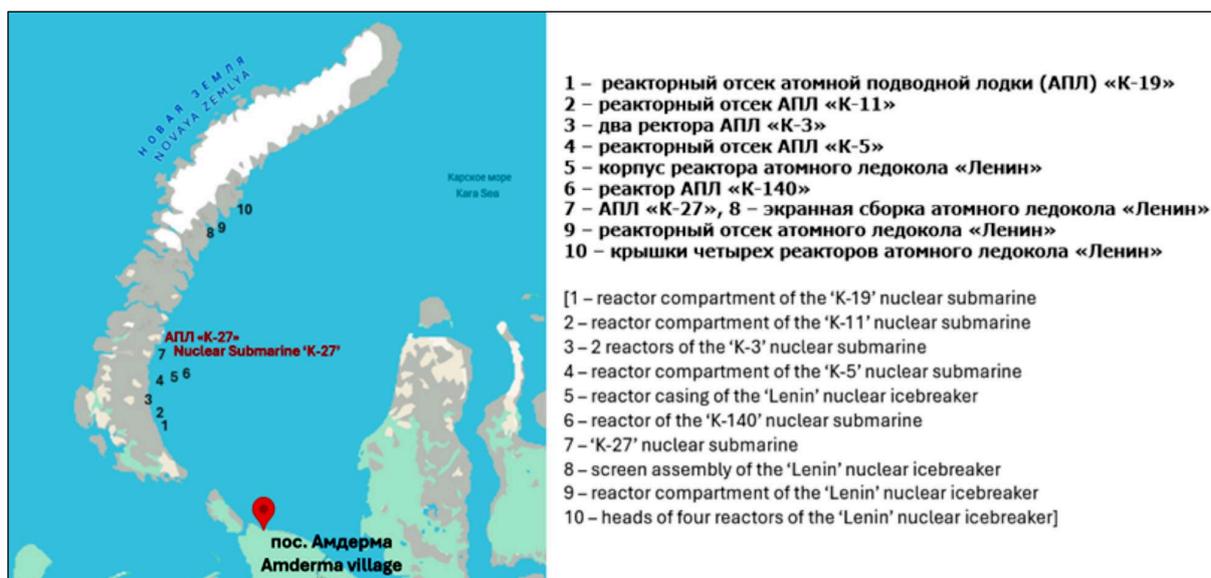


Рис. 1. Расположение затопленных ядерно и радиационно опасных объектов у восточного побережья Новой Земли [3]
 [Fig. 1. Location of flooded nuclear and radiation hazardous facilities near the east coast of Novaya Zemlya [3]]

Комплексные исследования, включающие радиоэкологический мониторинг, в месте затопления АПЛ «К-27» силами МЧС России и организациями-участниками Российско-норвежской экспедиции, проведенные в 2006 и 2012 гг., позволили сделать вывод о неизменности радиационной обстановки с момента затопления этой АПЛ. Вертикальный профиль распределения ^{137}Cs в пробах грунта вблизи АПЛ и активность на поверхности оказались аналогичными содержанию этого радионуклида в открытой части Карского и других морей Арктической зоны, т.е. фоновым содержанием. В морской воде активность ^{137}Cs и ^{90}Sr составляла $4,3 \pm 1,0$ Бк/м³ и $2,2 \pm 0,9$ Бк/м³ соответственно, что характерно для открытой части Карского моря [3].

Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в 2013 г. на основании акустических исследований были опубликованы предположения о разогреве внутренних полостей лодки вследствие наличия постоянного теплового потока с ее поверхности, исходящими из корпуса лодки, что, вероятно, может представлять опасность, включая риски при планируемом подъеме и транспортировке лодки с целью утилизации [5].

В 2020 и 2021 гг. в рамках государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды», утвержденной Постановлением Правительства № 326 от 15 апреля 2014 г., ФГБУ «НПО «Тайфун» совместно с ФГБУ «Северное УГМС» провели две экспедиции по исследованию радиационной обстановки заливов Степового и Литке на архипелаге Новая Земля, района пос. Амдермы на побережье Карского моря (2020 г.) и в одном из районов Новоземельской впадины (2021 г.). Исследования показали отсутствие значительных загрязнений, однако работы по мониторингу радиационной обстановки в указанных районах целесообразно продолжать как для уточнения состояния затопленных радиоактивных отходов (РАО), так и с учётом планов по их подъему [6].

Большинство исследований в Арктике не касались про-

ведения полноценных радиационных исследований сухопутной территории в районе возможного влияния выброса радионуклидов. Радиационный контроль в пос. Амдерме проводится силами ФГБУ «Северное УГМС» и включает измерения мощности дозы гамма-излучения (МЭД) и определение временных характеристик и дисперсного состава радиоактивных выпадений. Исследование других параметров и объектов радиационного мониторинга на данной территории не проводится [7].

По данным радиационно-гигиенической паспортизации Ненецкого автономного округа (2011–2022 гг.) МЭД на его территории регистрировалась в пределах $0,10 - 0,17$ мкЗв/ч, что соответствует среднегодовым значениям естественного радиационного фона. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs находится на уровне значений глобальных выпадений и не превышает средних статистических показателей. За весь период наблюдения превышение гигиенических нормативов^{1,2} по содержанию ^{90}Sr и ^{137}Cs в пищевых продуктах как местного происхождения, так и во ввозимых на территорию округа, не зарегистрировано. Среднее значение годовой эффективной дозы облучения населения за счет всех источников ионизирующего излучения составило в среднем $1,95$ мЗв/год [8].

Основываясь на проанализированных литературных данных можно сделать вывод об отсутствии значительных исследований радиационных параметров на прибрежной территории Арктики, в том числе в пос. Амдерме.

Цель исследования – оценка радиационно-гигиенической обстановки в населенных пунктах, а также в прибрежной акватории Баренцева и Карского морей, находящихся в непосредственной близости к местам проведения планируемых работ по подъему и утилизации затопленных объектов. Результаты исследований, проведенных в 2020–2021 гг. в районе Баренцева моря (остров Кильдин и село Териберка Мурманской области), представлены в статье [9]. В настоящей публикации изложены результаты, полученные в 2022 году

¹ СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [Sanitary Regulations and Standards 2.3.2.1078-01 'Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products' (In Russ.)]

² ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Technical Regulations of the Customs Union 'On the Safety of Food Products' (In Russ.)]

в ходе исследования радиационно-гигиенической обстановки в пос. Амдерме Ненецкого автономного округа и на прилегающих к нему территориях.

Задачи исследования

1. Анализ имеющихся данных мониторинга радиационной обстановки.
2. Проведение полевых и лабораторных исследований по определению содержания техногенных радионуклидов в природных средах.
3. Оценка доз облучения населения пос. Амдермы.
4. Разработка электронного модуля базы данных по полученным результатам радиационного мониторинга.

Материалы и методы

Исследования проведены на территориях пос. Амдермы и в районе его расположения (рис. 2), которые в большей степени могут подвергнуться радиационному загрязнению при подъеме радиационно опасных объектов.

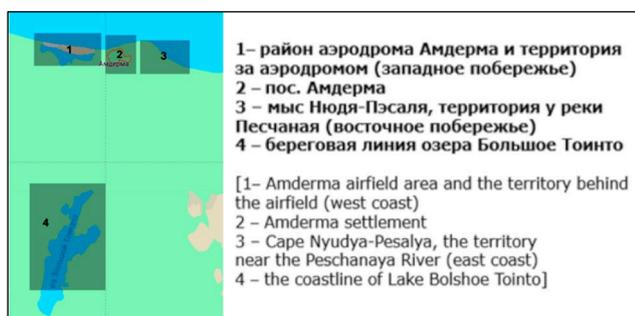


Рис. 2 Территория исследования радиационной обстановки
 [Fig. 2 The territory of the radiation survey]

Поселок расположен в Заполярном районе Ненецкого автономного округа, на побережье Карского моря. Расстояние до окружного центра – города Нарьян-Мара – составляет 420 км. По состоянию на 2021 г. численность населения поселка составляла 472 человека [10]. Благодаря возросшему интересу граждан к арктической природе и культуре коренного населения в поселок в летний сезон приезжают порядка двухсот туристов.

В ходе экспедиционного выезда в 2022 г. проводились измерения следующих радиационных параметров: мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД); удельной активности (УА) техногенных радионуклидов в почве и донных отложениях; УА техногенных радионуклидов в пищевых продуктах (дикорастущие грибы, ягоды, рыба, оленина);

объемной активности (ОА) техногенных радионуклидов в морской воде и УА в морских водорослях.

Измерения МАЭД проводились на высоте 1 м от поверхности земли с помощью портативных спектрометрических установок МКС-01А «Мультирад-М» (Россия) и МКС-АТ6101С (Республика Беларусь) методом непрерывной пешеходной гамма-съемки с привязкой к географическим координатам.

Отбор проб объектов окружающей среды и пищевых продуктов проводился в соответствии с действующими нормативными документами и методическими указаниями^{3,4}. На исследуемых территориях отобрана 81 проба объектов окружающей среды. Места отбора проб выбирались с учетом охвата большей территории, а также с точки зрения наиболее частого пребывания людей. Пробы почвы и грунта массой 1 кг отбирали из поверхностного десятисантиметрового слоя в точках, равномерно расположенных по площади исследуемой территории.

Отбор проб морской воды объемом 5,0 л производился путем выемки на расстоянии 1–2 м от берега. Далее вода самотеком пропусклась через сорбент «АНФЕЖ» (Россия)⁵, после чего сорбент отправлялся на спектрометрический анализ в лабораторию. Точки отбора проб морской воды выбирались на участках прибрежной акватории, свободной от водной растительности.

В качестве пищевых продуктов местного происхождения выбраны дикорастущие грибы и ягоды, рыба и мясо оленя.

Измерения активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных пробах проводились на гамма-спектрометре фирмы «Canberra» (США) с германиевым блоком детектирования в соответствии с методикой выполнения измерений⁶. Определение УА ⁹⁰Sr в отобранных пробах проводилось на радиометрических установках УМФ-2000 (Россия) после радиохимического выделения в соответствии с методическими указаниями^{7,8}.

Все исследования по определению содержания радионуклидов в пробах объектов окружающей среды были выполнены в Испытательном лабораторном центре ФГБУ ГИЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (№ RA.RU.21БУ01 от 17.08.2015 г.).

Результаты

Мощность дозы гамма-излучения

Результаты измерений МАЭД представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Максимальные значения МАЭД зафиксированы на территории пос. Амдермы (0,17 мкЗв/ч) и на восточном побережье в районе мыса Нюдья-Пэсалья (0,15 мкЗв/ч).

³ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб [State Standard 17.4.3.01-2017. "Nature protection. Soils. General requirements for sampling" (In Russ.)]

⁴ГОСТ 32164-2013. Продукты пищевые. Метод отбора проб для определения стронция Sr-90 и цезия Cs-137 [State Standard 32164-2013. Food products. Sampling method for the determination of strontium Sr-90 and cesium Cs-137 (In Russ.)]

⁵Методика измерений удельной активности радионуклидов цезия в растворах. ФР. 1.40.2015.21030. Редакция 2015 г. [Measurement procedure for specific activity of cesium radionuclides in solutions. FR. 1.40.2015.21030. Edition 2015. (In Russ.)].

⁶Методика выполнения измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением гамма-спектрометрической системы LabSOCS. ООО НТЦ «РАДЕК» [Methodology of gamma-emitting radionuclide activity measurements in counting samples using LabSOCS gamma-spectrometric system. ООО НТЦ 'RADEK' (In Russ.)]

⁷МУК 4.3.2503-09. Стронций-90. Определение удельной активности в пищевых продуктах [Methodological guidelines 4.3.2503-09. Strontium-90. Determination of specific activity in foodstuffs (In Russ.)]

⁸МУК 2.6.1.033-2003. Стронций-90. Определение концентрации в почве экстракцией моноизооктиловым эфиром метилфосфоновой кислоты иттрия-90 [Methodological guidelines 2.6.1.033-2003. Strontium-90. Determination of the concentration in soil by extraction with yttrium-90 monoisooctyl ether of methylphosphonic acid (In Russ.)]

Статистическое распределение величин МАЭД на обследуемых территориях

[Table 1

Statistical distribution of the ADER values in the surveyed areas]

Территория [Territory]	МАЭД, мкЗв/ч [ADER, $\mu\text{Sv/h}$]*	
	Максимум [Maximum]	Медиана [Mediana]
Пос. Амдерма [Amderma settlement]	0,17	0,06
Район аэродрома Амдерма [Amderma airfield area]	0,14	0,04
Территория за аэродромом Амдерма [Territory behind Amderma airfield]	0,11	0,05
Мыс Нюдя-Пэсалья, территория у реки Песчаная (восточное побережье) [Cape Nyudya-Pesalya, area near the Peschanaya River (Eastern coast)]	0,15	0,1
Береговая линия озера Большое Тоинто [Coastline of Bolshoye Tointo Lake]	0,12	0,06

* Значения приведены с учётом расширенной неопределённости измерений (P=0.95) [Values are given considering the expanded measurement uncertainty (P=0.95)].

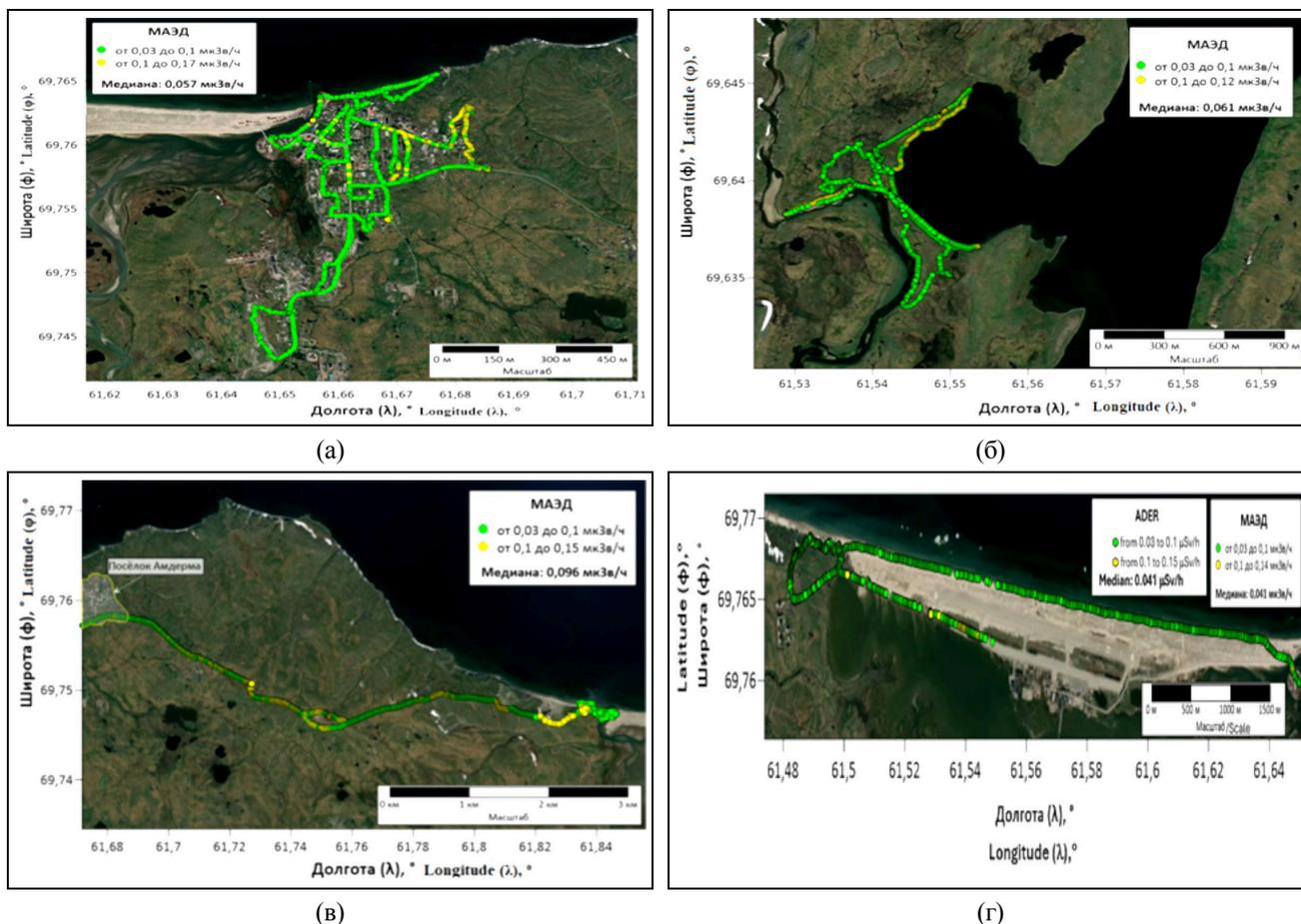


Рис. 3 Картограммы значений МАЭД на исследуемых территориях:

(а) пос. Амдерма, (б) береговая линия озера Большое Тоинто, (в) Мыс Нюдя-Пэсалья, территория у реки Песчаная (восточное побережье), (г) аэродром Амдерма и территория за аэродромом (западное побережье)

[Fig. 3 Cartograms of ADER values in the surveyed territories:

(a) Amderma settlement, (b) Coastline of Bolshoye Tointo Lake, (c) Cape Nyudya-Pesalya, area near the Peschanaya River (eastern coast), (d) Amderma airfield area and the territory behind the Amderma airfield (west coast)]

Активность радионуклидов в пробах объектов окружающей среды

В таблице 2 приведены результаты анализа проб почвы,

донных отложений, морской воды и морской биоты, наземной растительности и пищевых продуктов местного происхождения на содержание техногенных радионуклидов в исследуемых районах.

Таблица 2

Удельная активность радионуклидов в объектах окружающей среды

[Table 2

Activity concentration of radionuclides in environmental media]

Объект окружающей среды [Environmental media]	Место отбора [Sampling location]	Значения удельной активности радионуклида, Бк/кг [Activity concentration values of radionuclide, Bq/kg]	
		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Почва [Soil]	Поселок Амдерма [Amderma settlement]	0,10 – 1,4 (0,37)	0,10 – 12 (0,49)
	Озеро Большое Тоинто [Bolshoye Tointo Lake]	0,10 – 0,26 (0,10)	0,26 – 13 (3,85)
	Восточное побережье от поселка Амдермы [East coast from Amderma settlement]	0,14 – 0,35 (0,16)	0,10 – 18 (0,46)
	Западное побережье от поселка Амдермы [West coast from Amderma settlement]	0,33 – 1,9 (0,43)	0,10 – 13 (0,74)
Донные отложения [Bottom sediments]	Карское море [The Kara Sea]	< 0,30	0,10 – 0,28 (0,10)
	Озеро Большое Тоинто [Bolshoye Tointo Lake]	< 0,30	2,4 – 2,7
Морская вода [Sea water]	Поселок Амдерма [Amderma settlement]	–	Ниже предела обнаружения [Below the detection limit] *
Пресная вода [Fresh water]	Озеро Большое Тоинто [Bolshoye Tointo Lake]	–	Ниже предела обнаружения [Below the detection limit] **
Водоросли [Seaweeds]	Восточное побережье от поселка Амдермы [East coast from Amderma settlement]	< 0,10	< 0,10
Рыба [Fish]	Поселок Амдерма [Amderma settlement]	0,10 – 0,12	0,10 – 0,11
Грибы [Mushrooms]	Озеро Большое Тоинто [Bolshoye Tointo Lake]	< 0,10	56 – 63
Ягоды [Berries]	Озеро Большое Тоинто [Bolshoye Tointo Lake]	0,17 – 0,45	3,8 – 4,4
Мясо оленя [Deer meat]	Поселок Амдерма [Amderma settlement]	< 0,10	1,0 – 3,9 (2,3)

В скобках указано медианное значение удельной активности радионуклидов. [The median value of specific activity of radionuclides is given in brackets]
Значения приведены с учётом расширенной неопределённости измерений (P=0.95) [Values are given considering the expanded measurement uncertainty (P=0.95)]

* Минимальная детектируемая активность (МДА) равна $1,8 \times 10^{-2}$ Бк/пробу. [The minimum detectable activity (MDA) is 1.8×10^{-2} Bq/sample]

** Минимальная детектируемая активность (МДА) равна $2,9 \times 10^{-3}$ Бк/пробу. [The minimum detectable activity (MDA) is 2.9×10^{-3} Bq/sample]

Почва

Значения УА ¹³⁷Cs в почве на территории пос. Амдермы и прилегающих территориях лежат в диапазоне от 0,1 до 18 Бк/кг. Полученные результаты свидетельствуют о пятнистом характере загрязнения почвы данным радионуклидом. Основываясь на данных [11], можно сделать вывод, что полученные в ходе исследования максимальные значения УА ¹³⁷Cs в десятисантиметровом слое почвы соответствуют средним значениям накопленного цезия в верхней части профиля тундровых и таежных почв за счет необменной сорбции (до 90 Бк/кг).

Донные отложения

Проведен анализ донных отложений прибрежной зоны Карского моря и прибрежной зоны пресноводного проточного озера Большое Тоинто на содержание техногенных радионуклидов.

Вследствие низкой сорбционной способности ⁹⁰Sr преимущественно остается в водной фазе и слабо накапливается в донных отложениях. Поэтому больший интерес представляет ¹³⁷Cs. Согласно полученным результатам, содержание данного техногенного радионуклида в донных отложениях в районе проживания населения составляет менее 5 Бк/кг (максимальное значение – 2,7 Бк/кг), что не противоречит литературным данным [12].

Повышенное содержание ¹³⁷Cs в донных отложениях озера по сравнению с морскими донными отложениями объясняется пониженным уровнем внешнего водообмена, ослабляющим инфильтрацию радионуклидов из донных отложений.

Морская и пресная вода

В силу гидродинамических особенностей мелководных участков Карского моря, создающих условия интенсивной инфильтрации осадков и определяющих низкий уровень накопления радионуклидов, цезий в водной среде присутствует в незначительных количествах. По данным исследовательской работы [13] УА ¹³⁷Cs в верхних горизонтах воды Карского моря варьировала от следовой активности (ниже МДА) до 2 Бк/м³, и в подавляющем большинстве проб воды также отмечалась крайне низкая объемная активность ¹³⁷Cs.

Морская биота, наземная растительность и пищевые продукты местного происхождения

Измеренные значения УА ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в водорослях Карского моря составляют < 0,1 Бк/кг. Содержание ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в рыбе составляло 0,1 Бк/кг. Нормативные значения^{1,2} (100 Бк/кг по ⁹⁰Sr и 130 Бк/кг по ¹³⁷Cs) не превышены. Содержание ¹³⁷Cs в дикорастущих ягодах на порядок ниже гигиенических нормативов^{1,2} (¹³⁷Cs – 160 Бк/кг). Аналогично, УА ¹³⁷Cs в пробах оленьего мяса не превышала установленных нормативов (300 Бк/кг).

Оценка доз облучения населения пос. Амдермы

Расчет доз облучения населения, проживающего на исследуемых территориях, проводился на основании расчета средней годовой эффективной дозы (СГЭД) облучения населения как суммы внешнего и внутреннего облучения в соответствии с МР 2.6.1.0063-12⁹.

Величина СГЭД взрослого населения при внешнем облучении определялась на основании полученных максимальных значений МАЭД (0,17 мкЗв/ч) и стандартного времени пребывания населения (1800 ч)¹⁰ на открытой местности на территории пос. Амдермы и составила 0,31 мЗв/год.

Для определения вклада содержания ¹³⁷Cs в почве в дозу внешнего облучения населения, рассчитана СГЭД от подстилающей поверхности по формуле:

$$E_{Cs}^{внеш} = k_{Cs} \times \sigma_{Cs}$$

где k_{Cs} – дозовый коэффициент при внешнем облучении от подстилающей поверхности гамма-излучением ¹³⁷Cs (12 (мкЗв/год)/(кБк/м²));

σ_{Cs} – поверхностная активность ¹³⁷Cs в почве (2,5 кБк/м²).

Значение поверхностной активности было рассчитано на основании максимального зарегистрированного значения УА почвы (18 Бк/кг) в 10-сантиметровом слое почвы и среднего значения плотности почвы (1,4 г/см³).

По результатам расчета вклад содержания ¹³⁷Cs в почве

в дозу внешнего облучения населения составил 0,03 мЗв/год, что составляет 10 % от дозы внешнего облучения.

Вследствие отсутствия значимого содержания ¹³⁷Cs в пресной воде (табл. 2), как потенциального источника питьевого водоснабжения, оценка дозы внутреннего облучения населения за счет перорального поступления радионуклидов осуществлялась на основании полученных результатов их УА исключительно в пищевых продуктах местного происхождения – мясо оленя, рыба, грибы и ягоды.

Дозу внутреннего облучения ($E_{Sr,Cs}^{внут}$, мЗв/год) за счет перорального поступления радионуклидов с пищей оценивали по формуле:

$$E_{Sr,Cs}^{внут} = \sum_{Sr,Cs} \sum_{\text{пищ.пр.}} e_{\text{пищ.пр.}}^{Sr,Cs} \cdot V_{\text{пищ.пр.}} \cdot S_{Sr,Cs \text{ пищ.пр.}}$$

где $e_{\text{пищ.пр.}}^{Sr,Cs}$ – зависящий от возраста дозовый коэффициент для ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs в случае его перорального поступления в организм человека, мЗв/Бк;

$V_{\text{пищ.пр.}}$ – годовое потребление пищевого продукта, кг/год;

$S_{Sr,Cs \text{ пищ.пр.}}$ – УА ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs в пищевом продукте, Бк/кг.

Необходимые данные для расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения переменных для расчета СГЭД облучения населения при алиментарном поступлении техногенных радионуклидов

[Table 3

Values of variables for AAED calculating with alimentary intake of human-made radionuclides]

Вид пищевого продукта [Food product type]	Потребление пищевого продукта взрослым населением, кг/год [Food consumption by adult public, kg/a][14]	Максимальная удельная активность радионуклида в пищевом продукте, Бк/кг [The maximum specific activity of a radionuclide in a food product, Bq/kg]		Дозовый коэффициент при поступлении радионуклида с пищей ¹¹ , мЗв/Бк [The dose coefficient for the intake of a radionuclide from food, mSv/Bq]	
		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Мясо оленя [Deer meat]	76,8	0,10	3,9		
Рыба [Fish]	44,4	0,12	0,11	2,8×10 ⁻⁵	1,3×10 ⁻⁵
Грибы [Mushrooms]	7,6 *	0,33	63		
Ягоды [Berries]	27,7 *	0,45	4,4		

Значения приведены с учётом расширенной неопределённости измерений (P=0.95). [Values are given considering the expanded measurement uncertainty (P=0.95).]

* С 2005 года в группу «овощи и бахчевые» рациона питания добавлено потребление грибов, которые ранее учитывались как самостоятельная позиция. Годовое потребление ягод отражено в группе «ягоды и фрукты», что не дает возможности корректного расчета их годового потребления. В связи с этим, а также с отсутствием данных по Ненецкому автономному округу, для расчета дозы внутреннего облучения взяты значения годового потребления пищевых продуктов по Архангельской области. [Since 2005, the consumption of mushrooms, which were previously taken into account as an independent item, has been added to the "vegetables and melons" group of the diet. The annual consumption of berries is reflected in the "berries and fruits" group, which does not allow for the correct calculation of their annual consumption. In this regard, as well as the lack of data for the Nenets Autonomous Okrug, the values of annual food consumption in the Arkhangelsk Region were used to calculate the internal radiation dose] [15], [16].

На основании вышеприведенных данных была рассчитана суммарная СГЭД внутреннего облучения взрослого населения за счет перорального поступления цезия и стронция с местными пищевыми продуктами, которая составила 0,013 мЗв/год.

Таким образом, СГЭД облучения взрослого населения техногенными радионуклидами равна 0,04 мЗв/год, что составляет 6 % от СГЭД облучения населения за счет всех источников излучения [8].

⁹ МР 2.6.1.0063-12 «2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта, в условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии» [MR 2.6.1.0063-12 '2.6.1. Ionizing radiation, radiation safety. Monitoring of radiation doses of the population living in the supervision area of a radiation facility, under conditions of its normal operation and radiation accident' (In Russ.)]

¹⁰ МУ 2.6.1.1088-02. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения [MU 2.6.1.1088-02. 2.6.1. Ionizing radiation, radiation safety. Assessment of individual effective public doses due to natural radiation sources (In Russ.)]

¹¹ CD. The ICRP Database of Dose Coefficients: Workers and Members of the Public.

Обсуждение

Результаты, представленные в таблице 1 и на рисунке 3 (а–г), демонстрируют, что значения МАЭД на территории пос. Амдермы и на прилегающих к нему территориях соответствуют уровню естественного фона Ненецкого автономного округа.

Значения УА ^{137}Cs в почве в пос. Амдерме и близлежащих территориях (табл. 2) свидетельствуют о неравномерном пятнистом характере загрязнения данным радионуклидом. Медианное значение УА ^{137}Cs в почве на территории с максимальными значениями (до 18 Бк/кг, восточное побережье от поселка) составляет 0,46 Бк/кг. Ввиду слабой подвижности ^{137}Cs в почвах Севера максимальные содержания приходится на поверхностный десятиметровый слой, что соответствует средним значениям УА для тундровых и таежных почв [11].

Анализ значений активности ^{137}Cs в донных отложениях [12] позволяет сделать вывод, что донные отложения Карского моря в районе пос. Амдермы характеризуются низкими уровнями содержания техногенных радионуклидов, которые сравнимы с фоновыми региональными значениями. Данный факт можно объяснить низкими уровнями ^{137}Cs в воде. Известно, что при низких концентрациях в морской воде цезий образует ионную форму Cs^+ , которая имеет тенденцию оставаться в водной среде, слабо сорбироваться взвесью, а значит, в незначительной степени накапливаться в донных осадках.

Содержание ^{137}Cs в водорослях, произрастающих в водах Карского моря, низкое и составляет, по литературным данным [17], от 1,5 до 3 Бк/кг, что на порядок выше значений, полученных в ходе настоящего исследования.

Одним из важных путей облучения населения является пероральный путь поступления радионуклидов в организм человека. По этой причине особое внимание уделялось пищевым продуктам местного происхождения.

Сопоставить полученные значения УА ^{137}Cs и ^{90}Sr в ягодах и грибах (табл. 2) с данными радиационного контроля в регионе не представляется возможным ввиду их отсутствия в отчетных документах [8]. Согласно нормативным документам^{1,2}, допустимые уровни содержания ^{137}Cs в ягодах установлены на уровне 160 Бк/кг, в грибах 500 Бк/кг, при этом ^{90}Sr не нормируется. Нормативные уровни для отобранных проб ягод и дикорастущих грибов не превышены.

Удельное содержание техногенных радионуклидов в пробах промысловых рыб (табл. 2) на порядок ниже средних региональных значений, полученных по результатам радиационного контроля 2022 г. (^{137}Cs – 5,2 Бк/кг, ^{90}Sr – 8,1 Бк/кг) [8]. Нормативные значения^{1,2} (100 Бк/кг для ^{90}Sr и 130 Бк/кг для ^{137}Cs) не превышены.

В целом, можно сделать вывод о том, что радиационная обстановка характеризуется фоновыми значениями содержания техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды. СГЭД облучения населения формируется преимущественно за счет природных источников излучения. Вклад техногенной составляющей (^{90}Sr и ^{137}Cs) в СГЭД облучения населения составляет 6 %.

В рамках выполнения данной работы разработан электронный модуль базы данных (БД) по полученным результатам радиационного мониторинга в пос. Амдерме, входящий в общую базу данных (БД Арктика, свидетельство о регистрации № 2022621890).

Заключение

Для характеристики состояния территорий проживания

населения по радиационному фактору перед подъемом затопленных объектов проведены радиационные исследования прибрежной зоны районов проживания населения, близлежащих к месту затопления радиационно опасного объекта. На основании полученных данных выполнена оценка радиационного состояния территории и морской акватории пос. Амдермы.

1. Установлено, что уровни МАЭД на исследуемых территориях соответствуют естественному гамма-фону региона и не превышают среднегодовое значение для Ненецкого автономного округа.

2. Почвы и донные отложения в районе проживания населения по содержанию техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr соответствуют средним значениям региональных показателей.

3. Показано, что уровни загрязнения радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr пищевых продуктов на несколько порядков ниже соответствующих нормативов.

4. СГЭД облучения населения формируется преимущественно за счет природных источников излучения. Вклад техногенной составляющей исчисляется 6 %.

Состояние исследуемой территории по радиационному фактору стабильное.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Шандала Н.К. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта текста статьи.

Шитова А.А. – сбор литературного материала, написание текста статьи.

Исаев Д.В. – сбор и обработка полученных в ходе исследования данных.

Бельских Ю.С. – сбор и обработка полученных в ходе исследования данных.

Титов А.В. – научное консультирование, редактирование текста статьи.

Семенова М.П. – редактирование текста статьи и его перевод на английский язык.

Филонова А.А. – научное консультирование, редактирование текста статьи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при выполнении работы и подготовке данной статьи.

Сведения об источнике финансирования

Финансирование работы осуществлялось по Государственному контракту №10.004.20.0 от 09 июня 2020 г. с ФМБА России в рамках реализации Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» (утверждена Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. № 1640).

Литература

- Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в арктические и дальневосточные моря («Белая книга-2000»). М.: ИздАТ, 2005. С. 15-47.
- Саркисов А.А., Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. М.: ИБРАЭ РАН, 2015. С. 96-190.
- Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Сивинцев Ю.В., Никитин В.С. Проблемы радиационной реабилитации арктических

- морей, способы и пути их решения // Арктика: экология и экономика. 2011. № 1(1). С. 74.
4. Антипов С.В., Кобринский М.Н., Шведов П.А. и др. Особенности обращения с затопленной в Арктике АПЛ К-27 с ядерным топливом в реакторах после ее возможного подъема // Арктика: экология и экономика. 2020. № 1(37). С. 37-44. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-1-37-44.
 5. Лобковский Л.И., Дмитриевский Н.Н., Ананьев Р.А. Подводная лодка К-27 – эхо прошлого // Арктика: экология и экономика. 2014. №2(14). С. 36-39.
 6. Артемьев Г.Б., Елифанов А.О., Каткова М.Н. и др. Мониторинг радиационной обстановки заливов Степового, Литке и прибрежной зоны в районе п. Амдерма в 2020-2021 году. Сборник тезисов докладов XVIII Международной научно-практической конференции Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2022., Обнинск, 28-29 ноября 2022. Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2023. С. 164-166.
 7. Официальный сайт ФГБУ «Северное УГМС». Справка о радиационной обстановке на территории деятельности ФГБУ «Северное УГМС» в 2022 году. URL: <http://www.sevmeteo.ru/monitoring/radiation/> (Дата обращения: 05.12.2024).
 8. Портал органов государственной власти НАО. Радиационно-гигиенические паспорта территории НАО (2011-2022 гг.). URL: <https://dprea.adm-nao.ru/ekologiya/informaciya-ob-ekologicheskoy-bezopasnosti-i-radiacionnoj-obstanovke-n/radiacionno-gigienicheskie-pasporta-territorii-nao/> (Дата обращения: 05.12.2024).
 9. Гущина Ю.В., Шандала Н.К., Серегин В.А. и др. Радиационное обследование территории села Териберка и острова Кильдин Мурманской области // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 2. С. 117-127 DOI:10.21514/1998-426X-2024-17-2-117-127.
 10. Официальный сайт администрации сельского поселения «Поселок Амдерма» Заполярного района Ненецкого автономного округа. Паспорт муниципального образования «Поселок Амдерма» Ненецкого автономного округа по состоянию на 01 апреля 2021 года. URL: <https://amderma-adm.ru/pasport-sel-skogo-poseleniya.html> (Дата обращения: 07.12.2024).
 11. Семенов И.Н., Усачева А.А. Цезий-137 как маркер современных почвенных турбаций // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-7. С. 1478-1481.
 12. Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Геоэкологическое состояние среды морей российского сектора Арктики в условиях современных техногенных нагрузок // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 2. С. 82-93.
 13. Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С. Техногенная радиоактивность вод центрального полярного бассейна и смежных районов Арктики // Доклады Академии наук. 2019. Т. 485, № 1. С. 93-98 DOI: 10.31857/S0869-5652485193-9.
 14. Официальный сайт Управления Федеральной службы государственной статистики по Архангельской области и Ненецкому автономному округу. Потребление, пищевая и энергетическая ценность продуктов питания в домашних хозяйствах URL https://29.rosstat.gov.ru/standards_of_life_111 (Дата обращения: 15.12.2024).
 15. Методика получения данных о потреблении продуктов питания. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2022 году. Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2023.
 16. Степовая Д.А., Унгуриян Т.Н. Оценка риска развития общетоксических эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением дикорастущих грибов и ягод тяжёлыми металлами. Экология человека. 2024. Т. 31, кн. 1. С. 77-88. DOI: 10.17816/humeco624154.
 17. Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Усягина И.С. и др. Концентрация искусственных радиоизотопов в биоте Арктического шельфа в современных условиях (2013-2018 гг.) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Том 494, № 1, С. 71-75.

Поступила: 26.05.2025

Шандала Наталия Константиновна – доктор медицинских наук, заместитель генерального директора по науке и биофизическим технологиям Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия
ORCID: 0000-0003-1290-3082

Шитова Анастасия Александровна – научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, **Адрес для переписки:** 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46; E-mail: shitovanastasia23@mail.ru
ORCID: 0000-0002-9584-4286

Исаев Дмитрий Викторович – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-9687-628X

Бельских Юрий Сергеевич – научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия
ORCID: 0000-0001-6013-6610

Титов Алексей Викторович – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-3797-2677

Семенова Мария Петровна – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия
ORCID: 0000-0003-0904-0415

Филонова Анна Александровна – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия
ORCID: 0000-0002-0832-2878

Для цитирования: Шандала Н.К., Шитова А.А., Исаев Д.В., Бельских Ю.С., Титов А.В., Семенова М.П., Филонова А.А. Оценка радиационного состояния территории и прибрежной акватории поселка Амдермы Ненецкого автономного округа // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 3. С. 75–84. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-3-75-84

Assessment of the radiation condition of the territory and the coastal water area of the Amderma settlement of Nenets Autonomous Okrug

Nataliya K. Shandala, Anastasiya A. Shitova, Dmitriy V. Isaev, Yuriy S. Belskikh, Aleksey V. Titov, Mariya P. Semenova, Anna A. Filonova

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

This publication describes the ongoing cycle of works aimed at the radiation survey in the Arctic zone of the Russian Federation, in order to assess the primary (background) levels of human-made radionuclides before starting work on lifting and disposing of flooded and sunken radiation facilities with spent nuclear fuel and radioactive waste based on the Action Plan for the implementation of the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Assuring National Safety for the period up to 2035 approved by the Government Decree No. 645 dated 26 October, 2020. Materials and Methods: The radiation survey was carried out in the coastal zone of residential areas near the site of the flooding of the K-27 nuclear submarine and radiation facilities in the Kara Sea: the Amderma settlement, Nenets Autonomous Okrug, as well as its natural waters. The article includes results of measuring the ambient dose equivalent rate of gamma radiation in open areas by the pedestrian gamma survey method, and determining the content of human-made radionuclides in samples of environmental media (soil, bottom sediments, aquatic vegetation) and local foodstuffs by gamma spectrometric and radiometric methods with preliminary sampling in accordance with the established procedure provided by current regulatory documents and guidelines. Results and Discussion: the research results show that the state of the surveyed area is generally stable in terms of radiation factor; the content of radionuclides is at the background level characteristic of the Nenets Autonomous Okrug, not exceeding radiation safety standards. External and internal public radiation exposure was assessed. Conclusion: It was shown that the public radiation dose is formed mainly due to natural radiation sources. As part of this work, an electronic database module was developed based on the results of radiation monitoring in the Amderma settlement, which is part of the general database (registration certificate No. 2022621890).

Key words: Arctic zone, nuclear submarine, K-27, flooded facilities, radiation monitoring, Amderma settlement, human-made radionuclides, lifting of flooded facilities.

Authors' personal contribution

Shandala N.K. – the concept and design of the study, approval of the final version of the article.

Shitova A.A. – collection of literary material, writing the text of the article.

Isaev D.V. – collection and processing data obtained during the study.

Belskikh I.S. – collection and processing data obtained during the study.

Titov A.V. – scientific consulting, editing the text of the article.

Semenova M.P. – editing the text of the article and translating it into English.

Filonova A.A. – scientific consulting, editing the text of the article.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflicts of interest when conducting the study and preparing this article.

Sources of funding

The work was financed under State Contract No. 10.004.20.0

dated June 09, 2020, with the FMBA of Russia as part of the implementation of the State Program of the Russian Federation 'Health Development' (approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated December 26, 2017, No. 1640).

References

1. Sivintsev YuV, Vakulovsky SM, Vasiliev AP, Vysotsky VL, Gubin AT, Danilyan VA, et al. Technogenic Radionuclides in the Seas Washing Russia. Radioecological Consequences of Radioactive Waste Disposal in the Arctic and Far Eastern Seas ('Belaia kniga-2000'). Moscow: Izdat; 2005. P. 15-47. (In Russian).
2. Sarkisov AA, Sivintsev YuV, Vysotsky VL, Nikitin VS. Atomic Legacy of the Cold War at the Bottom of the Arctic. Moscow: IBRAE RAN; 2015. P. 96-190. (In Russian).
3. Sarkisov AA, Vysotsky VL, Sivintsev YuV, Nikitin VS. Problems of Radiation Remediation of the Arctic Seas, Methods and Ways of Their Solution. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economics*. 2011;1(1): 74. (In Russian).
4. Antipov SV, Kobrinsky MN, Shvedov PA, Kulikov KN, Nizamutdinov RA, Lodochnikov SV. Features of Handling the K-27 Nuclear Submarine Sunk in the Arctic with Nuclear Fuel in the Reactors after its Possible Lifting. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economics*. 2020;1(37): 37-44. (In Russian). DOI: 10.25283/2223-4594-2020-1-37-44.

Anastasiya A. Shitova

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency

Address for correspondence: 46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia; E-mail: shitovanastasia23@mail.ru

5. Lobkovsky LI, Dmitrevsky NN, Ananyev RA. Submarine K-27 – an Echo of the Past. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economics*. 2014;2(14): 36-39. (In Russian).
6. Artemyev GB, Epifanov AO, Katkova MN, Uvarov AD, Tarasenko AO, Kartseva AI, et al. Monitoring the Radiation Situation in the Stepovogo, Litke Bays and the Coastal Zone Near the Amderma Settlement in 2020-2021. Collection of abstracts of reports of the XVIII International scientific and practical conference The Future of Nuclear Energy – AtomFuture 2022., Obninsk, 28-29 November 2022. Obninsk: IATE NIIAU MIFI; 2023. P. 164-166. (In Russian).
7. Information on the Radiation Situation in the Territory of the Federal State Budgetary Institution “Northern UGMS” in 2022. Official website of the Federal State Budgetary Institution “Northern UGMS”. Available from: <http://www.sevmeteo.ru/monitoring/radiation/> [Accessed 5 Dec 2024]. (In Russian).
8. Radiation and Hygienic Passports of the Territory of the NAO (2011-2023). Portal of government bodies of the NAO. Available from: <https://dprea.adm-nao.ru/ekologiya/informaciya-ob-ekologicheskoy-bezopasnosti-i-radiacionnoj-obstanovke-n/radiacionno-gigienicheskie-pasporta-territorii-nao/> [Accessed 5 Dec 2024]. (In Russian).
9. Gushchina IV, Shandala NK, Seregin VA, Isaev DV, Starinskiy VG, Shitova AA, et al. Radiation survey of the territory of Teriberka village and Kildin Island of Murmansk Region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024;17(2): 117-127. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-2-117-127.
10. Passport of the Municipality ‘Amderma Settlement’ of the Nenets Autonomous Okrug as of April 1, 2021. Official website of the administration of the rural settlement “Amderma Settlement” of the Zapolyarny District of the Nenets Autonomous Okrug. Available from: <https://amderma-adm.ru/pasport-sel-skogo-poseleniya.html> [Accessed 7 Dec 2024]. (In Russian).
11. Semenov IN, Usacheva AA. Cesium-137 as a Marker of Modern Soil Turbulence. *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental research*. 2013;10-7: 1478-1481. (In Russian).
12. Ilyin GV, Usyagina IS, Kasatkina NE. Geo-Ecological State of the Environment of the Seas of the Russian Sector of the Arctic under Current Man-Made Loads. *Vestnik Kolskogo nauchnogo centra RAN = Bulletin of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;2: 82-93. (In Russian).
13. Matishov GG, Kasatkina NE, Usyagina IS. Technogenic Radioactivity of the Waters of the Central Polar Basin and Adjacent Arctic Areas. *Doklady Akademii nauk = Reports of the Academy of Sciences*. 2019;(1): 93-98. (In Russian). DOI: 10.31857/S0869-5652485193-9.
14. Consumption, Nutritional and Energy Value of Food Products in Households. Official website of the Office of the Federal State Statistics Service for the Arkhangelsk Region and the Nenets Autonomous Okrug. Available from: https://29.rosstat.gov.ru/standards_of_life111 [Accessed 15 Dec 2024]. (In Russian).
15. Methodology for obtaining data on food consumption. Food consumption in households in 2022. Federal State Statistics Service. Moscow; 2023. (In Russian).
16. Stepovaya DA, Ungureanu TN. Assessment of health risks posed by heavy metal contamination of wild mushrooms and berries. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2024;31(1): 77-88. (In Russian). DOI: 10.17816/humeco624154.
17. Matishov GG, Ilyin GV, Usyagina IS, Valuyskaya DA, Kirillova EE. Concentration of Artificial Radioisotopes in the Biota of the Arctic Shelf in Current Conditions (2013-2018). *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle = Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences*. 2020;494(1): 71-75. (In Russian).

Received: May 26, 2025

Nataliya K. Shandala – Doctor of Medical Science, Deputy General Director for Science and Biophysics Technologies, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0003-1290-3082

For correspondence: Anastasiya A. Shitova – Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia; E-mail: shitovanastasia23@mail.ru
ORCID: 0000-0002-9584-4286

Dmitriy V. Isaev – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0002-9687-628X

Yuriy S. Belskikh – Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0001-6013-6610

Aleksey V. Titov – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0002-3797-2677

Mariya P. Semenova – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0003-0904-0415

Anna A. Filonova – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0002-0832-2878

For citation: Shandala N.K., Shitova A.A., Isaev D.V., Belskikh Yu.S., Titov A.V., Semenova M.P., Filonova A.A. Assessment of the radiation condition of the territory and the Coastal water area of the Amderma settlement of Nenets Autonomous Okrug. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 3. P. 75–84. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-3-75-84