

УДК [504.5 : 628.4.047](985)

О. Н. Мандрыка, Д. А. Бузин, А. А. Парфенов

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РФ

МАНДРЫКА Ольга Николаевна – доцент. Российский государственный гидрометеорологический университет. 195196, Россия, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98. E-mail: omandryka@yandex.ru.

БУЗИН Дмитрий Анатольевич – магистрант. Российский государственный гидрометеорологический университет. 195196, Россия, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98. E-mail: 89111703879@mail.ru.

ПАРФЕНОВ Алексей Анатольевич – магистрант. Российский государственный гидрометеорологический университет. 195196, Россия, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98. E-mail: alparfenov@bk.ru.

В статье обобщены многолетние данные об источниках радиоактивного загрязнения наземных территорий и акватории Северного Ледовитого океана в пределах арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Радиоактивное загрязнение имеет три основных источника происхождения, это: выпадение радиоактивных осадков на поверхность земли и акваторию северных морей в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере, утечки жидких радиоактивных отходов с перерабатывающих заводов Европы, а впоследствии – «Чернобыльский след».

В добавок к этим широкомасштабным загрязнениям АЗРФ отмечается значительное количество зон локального радиоактивного загрязнения. Сюда входят полигоны ядерных испытаний на Новой Земле, захоронения твердых радиоактивных отходов, включая ядерные реакторы и затопленные в Баренцевом и Карском морях подводные лодки, а также контейнеры с химическим оружием, погребенные на дне прибрежных бухт северо-запада АЗРФ.

Накопленный экологический ущерб для уязвимых экосистем Арктики сформировался главным образом как результат гонки вооружений в период

«холодной войны». Чернобыльские осадки после аварии 1986 г внесли значительный вклад в радиоактивное загрязнение запада АЗРФ. Несмотря на то, что в настоящее время не все из радиационно-опасных объектов представляют собой реальную радиэкологическую опасность для населения и окружающей среды, их следует рассматривать как источник потенциальной угрозы. Особенно это касается подводных объектов.

АРКТИКА; РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ; РАДИАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ; ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА; ЭКОСИСТЕМЫ.

Радиоактивное загрязнение наземных территорий и акватории Северного Ледовитого океана в пределах арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) восходит к периоду «холодной войны», длившейся с 1946 по начало 1990-х гг., неотъемлемым атрибутом которой выступала гонка вооружений. В это время в Арктике (А.) создавался атомный флот, строились аэродромы, военные базы с жилыми городками, полигонами и необходимой инфраструктурой. Ключ к пониманию проблемы дает военно-политическая обстановка тех лет. Руководство СССР уделяло особое внимание театру военных действий в А., оснащая это направление средствами ПВО и прежде всего средствами радиолокационного наблюдения. Первый рубеж прикрытия обеспечивался дислокацией на островах Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) и Северной Земли, второй – Новой Земли, третий проходил по арктическому побережью (Амдерма, Ямал, Диксон, Якутия, Чукотка) [1].

За время «холодной войны» СССР было проведено 219 ядерных испытаний, из них более 40% от общего числа и 90% от общей мощности – на Новой Земле, что вылилось в глобальные выпадения радионуклидов на поверхность земли и акваторию северных морей [2].

Особое беспокойство вызывают последствия, связанные с гибелью атомных подводных лодок (АПЛ), затоплением контейнеров с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) и с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) на акватории морей российской А. Нужно сказать, что практика затопления радиоактивных отходов (РАО) в Мировом океане являлась общепринятой в 1960-х – 1970-х гг. в странах, развивающих мирное и военное использование ядерной энергии [3]. Поступление РАО с западноевропейских радиохимических заводов в середине 1970-х гг.

также оказало заметное влияние на техногенную радиоактивность южных частей Баренцева и Карского морей, которая достигла максимума к 1980-х гг. [3].

С распадом СССР военные в экстренном порядке покидали А., бросая базы со всем оборудованием и складами. Хрупкие и уязвимые арктические экосистемы не в состоянии самостоятельно в обозримом будущем переработать накопленные отходы, среди которых РАО представляют наибольшую опасность. Поэтому в А. как нельзя остро встала проблема накопленного экологического ущерба (НЭУ), требующая незамедлительной экспертной оценки и разрешения [4].

Для решения вопросов экологической безопасности для окружающей среды и человека на территории АЗРФ потребовалась классификация экологических последствий радиационного загрязнения.

Экологические последствия для наземных экосистем А. имеют два аспекта. Во-первых, это земли, выведенные из обращения для различных военных нужд. Военные объекты в А. занимали огромные территории, особенно в прибрежной зоне АЗРФ и на островах. Так дислоцированные в Архангельской обл. воинские части занимали общую площадь 4,8 млн. га, или 12% земельного фонда области [4]. Наглядным примером может служить советский ядерный полигон, функционировавший на Новой Земле с 1954 по 1990 гг. Он был открыт в Белушьей губе и включал в себя 3 площадки:

- Чёрная Губа – использовалась, в основном, в 1955–1962 годах.
- Маточкин Шар – подземные испытания в 1964–1990 годах.
- Д-II СИПНЗ на полуострове Сухой Нос – наземные испытания в 1957–1962 годах. Именно на этой площадке в 1961 г. была взорвана мощнейшая в истории человечества водородная бомба – 58-мегатонная «Царь-бомба».

В 1963 г. СССР и США подписали договор о запрещении ядерных испытаний в атмосфере, космосе и под водой. Были приняты ограничения и по мощности зарядов. Подземные же взрывы проводились до 1990 года. Если во времена холодной войны официальная территория полигона занимала свыше половины всей площади острова, то сегодня здесь

занимаются лишь исследованиями в области ядерных систем вооружений (объект Маточкин Шар) [1]. Тем не менее территория действующего полигона разрывает новоземельский кластер национального парка «Русская Арктика».

Огромный вклад в НЭУ внесли непосредственные загрязнения почвы А. На территории Ненецкого автономного округа по сей день находятся 6 районов площадью более 17 тыс. км², используемых для приема отработанных ступеней ракет при запуске с космодрома «Плесецк» [4].

Жидкие двухкомпонентные ракетные топлива содержат вещества первого класса опасности, способные накапливаться в природных экосистемах, а также давать при разложении другие высокотоксичные продукты. Так на территорию Ненецкого а. о. упало порядка 2000 отделяемых частей ракет общей массой металла около 3000 т с остатками ракетного топлива [4]. При беспорядочной ликвидации воинских частей по территории А. в тундре оказались разбросанными радиоизотопные термоэлектрорегуляторы – источники радиоактивного стронция.

Экологические последствия для морских и прибрежных экосистем А. можно определить как «ядерное наследие», а вызваны они эксплуатацией атомного флота СССР/России. Вплоть до 1990 г. суда, обслуживавшие атомный подводный флот, сливали в море жидкие радиоактивные отходы. Локальные загрязнения возникали также в местах отстоя, обслуживания, ремонта и утилизации АПЛ. Вследствие этого появились участки акваторий и побережья, где концентрация Со-60 превышала уровень фона в 30–70 раз, а Cs-137 – в сотни и тысячи раз [2, 3]. На территориях береговых технических баз, в частности, в районе пос. Гремиха и бухты Андреева, появились сильно загрязненные участки почвы, где мощность дозы гамма-излучения превышала предельно допустимую на 3–4 порядка [2].

Актуальной нерешенной проблемой остаются затопленные в 1960-х – 1980-х гг. в интересах обеспечения безопасности Арктического региона и прилегающих стран радиационно опасные объекты. Из примерно 18 000 единиц около 17 000 контейнеров с ТРО к настоящему

времени не являются значимым источником радиационной опасности. Наиболее опасны 7 объектов, содержащих ОЯТ [2, 5]. Среди них особое внимание привлекают аварийно затонувшие АПЛ, так как они не были подготовлены к затоплению и не имеют дополнительных защитных барьеров, препятствующих выходу активности в окружающую среду. На подводной лодке «Комсомолец», помимо реактора, имеются еще и две торпеды с ядерными боеголовками.

Отличительной особенностью затоплений объектов с ТРО и ОЯТ, включая АПЛ «К-27», является захоронение отходов во внутреннем Карском море и внутренних заливах (не менее 70%) архипелага Новая Земля [5]. Перечень, характеристики и местоположение затопленных опасных объектов представлены в таблице и на рисунке 1.

Таблица. Затопленные ТРО вокруг архипелага Новая Земля [5]

Район затопления	Количество контейнеров	Активность ТРО в контейнерах		Количество реакторов	
		ТБк	кКи	с ОЯТ	без ОЯТ
Новоземельская впадина	4824	112,1	3,03	1	—
Залив Течений	194	15,9	0,43	—	2
Залив Благополучия	992	7,7	0,21	—	—
Залив Ога	2190	64,0	1,73	—	—
Залив Цивольки	5242	53,3	1,44	~0,5	3
Залив Степового	1917	28,1	0,76	2	—
Залив Абросимова	646	16,7	0,45	3	5
Залив Седова	1100	111,8	3,03	—	—
Всего	17105	409,6	11,07	6,5	10

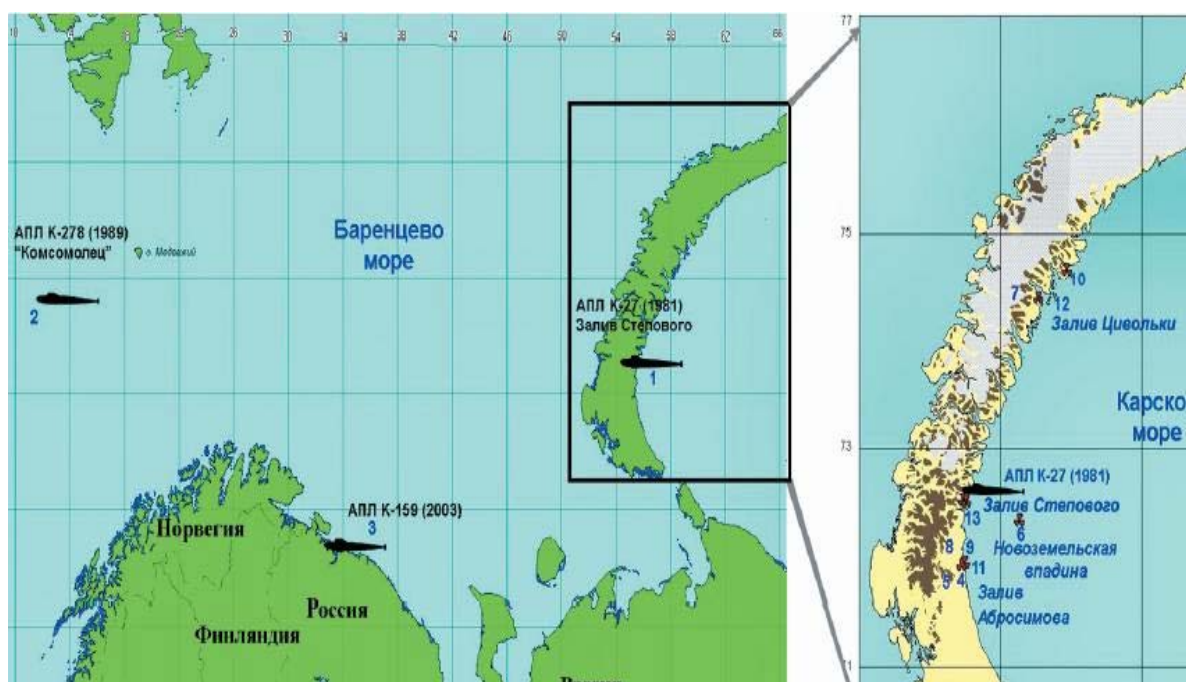


Рисунок 1. Крупногабаритные ядерные и радиационно-опасные объекты, находящиеся на дне морей северо-западной Арктики [3]

1 – АПЛ К-27, затоплена на глубине 20 м; 2 – АПЛ «Комсомолец», затонула на глубине 1680 м; 3 – АПЛ К-159, затонула на глубине 250 м; 4 – реакторный отсек АПЛ К-19 (1965); 5 – реакторный отсек АПЛ К-11 (1966); 6 – реактор АПЛ К-140 (1972); 7 – экранная сборка атомного ледокола (1967); 8 – два реактора АПЛ К-3 (1988); 9 – реакторный отсек АПЛ К-5 (1967); 10 – реакторный отсек атомного ледокола (1967); 11 – корпус реактора; 12 – крышки четырех реакторов.

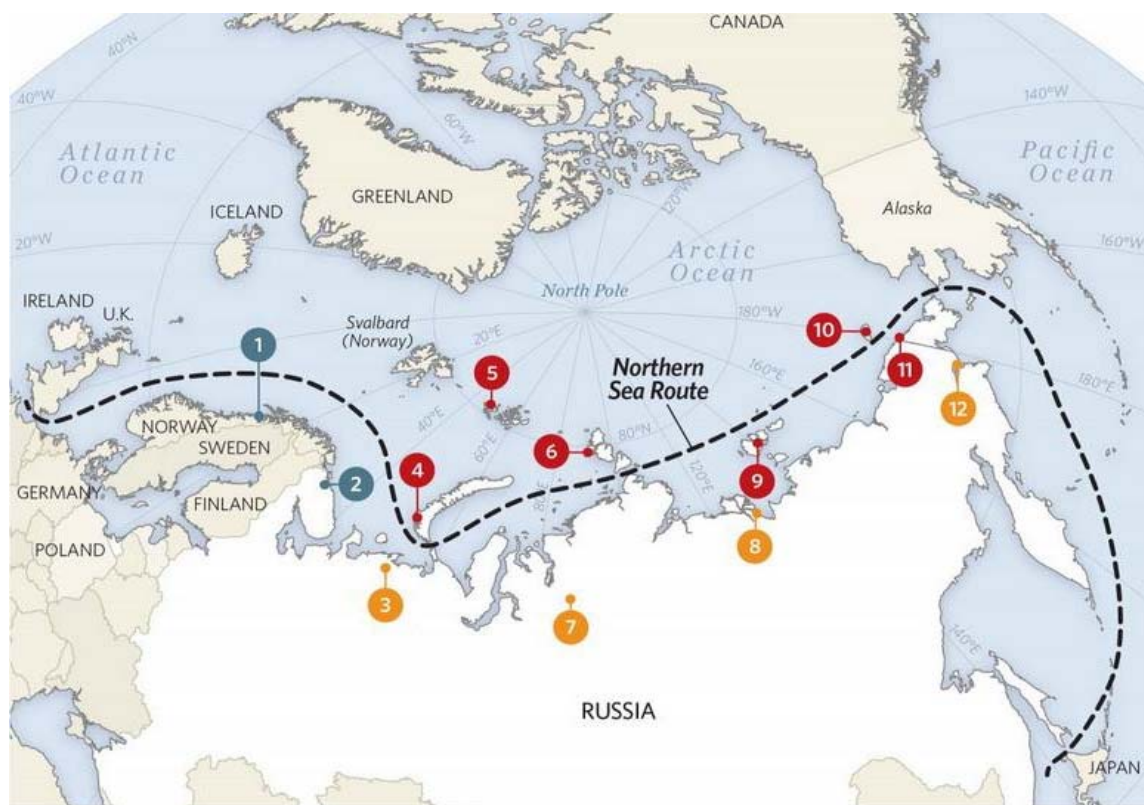
По мнению специалистов [2, 3, 5] реальную радиационную опасность представляют два объекта. Это подводная лодка К-27, находящаяся на глубине 33 м. восточнее Новой Земли в заливе Степового. После того, как защитные барьеры будут разрушены коррозией, это неизбежно вызовет цепной процесс. Топливо для реактора этой лодки имеет 90% обогащения. И второй, аналогичный, объект – это подводная лодка К-159, затонувшая во время буксировки к месту утилизации в Баренцевом море у северного побережья Кольского полуострова на глубине 170 м. Место ее затопления находится на путях интенсивных морских сообщений.

«Генеральная уборка» А. Затонувшие и затопленные на северо-западе Арктического региона объекты являются масштабным проявлением последствий холодной войны. Научная общественность [3, 5] единодушна во мнении, что в настоящее время не все из них

представляют реальную радиоэкологическую опасность для населения и окружающей природной среды. Вместе с тем объекты, содержащие ОЯТ, следует рассматривать как источники потенциальной опасности. Ее масштабы и последствия будут зависеть от состояния защитных барьеров, отделяющих радиоактивные вещества от морской среды, механизмов их дальнейшего переноса (не исключен трансграничный перенос) в воде, воздействия на биоту и человека [5]. С одной стороны, нахождение большого числа объектов с ОЯТ и РО на дне арктического бассейна без дальнейшей комплексной переработки неприемлемо. С другой стороны, полная реабилитация морских акваторий от всех затопленных объектов экономически невыгодна. Поднятие и утилизация АПЛ, предполагающие значительные инвестиции и международное сотрудничество, станут возможны лишь в отдаленной перспективе. Поэтому неудивительно, что процесс уборки АЗРФ начался с наземных территорий, как более доступных, и заключался в основном в вывозе и утилизации металлического мусора, такого как бочки и проржавевшие суда.

Современная геополитическая обстановка в А., к сожалению, может как приостановить позитивные сдвиги на пути дезактивации радиоактивных отходов различного происхождения, так и вызвать новые проблемы. Усиление территориальных споров и военной активности приарктических государств, необходимость России контролировать нефтегазовые запасы и территорию Северного морского пути повлекли за собой создание Арктических войск. Места их базирования весьма схожи с расположением рубежей прикрытия времен холодной войны (рис. 2).

Примером усиливающегося противостояния могут служить намерения Королевского военно-морского флота Великобритании возобновить патрулирование Арктики с помощью подводных лодок [6]. Для этого экипажи семи АПЛ в ближайшее время будут готовить к навигации в условиях плавания под слоем арктических льдов.



Key Locations

- | | |
|--|-----------------|
| 1 Bodo, Norway's National Joint Headquarters | 6 Sredny Ostrov |
| 2 Severomorsk, home of Russia's Northern Fleet | 7 Alykel |
| 3 Naryan-Mar | 8 Tiksi |
| 4 Rogachevo | 9 Temp |
| 5 Nagurskoye | 10 Zvyozdny |
| | 11 Mys Shmidta |
| | 12 Ugolny |

There is division inside NATO as to the role of the alliance in the Arctic. Norway is a leader in promoting NATO's role in the Arctic.

Most of the national interests of Arctic states are not military in nature, but rather economic concerns involving shipping routes, fishing, and mineral rights. Even so, Russia has taken steps to militarize the Arctic. Russia's Northern Fleet, based at **Severomorsk**, accounts for two-thirds of the Russian Navy. A new Arctic command called the Northern Fleet-Joint Strategic Command will be

established by 2015 to coordinate all Russian military activities in the region.

Over the next few years, two new brigades will be permanently based in the Arctic region, and Russian Special Forces have been training in the region. Old Soviet-era facilities have been reopened and modernized above the Arctic Circle. These will provide a string of military fortresses along the important Northern Sea Route. In light of Russia's recent behavior in Ukraine, the U.S. and NATO should continue to monitor Russian activity in the Arctic.

Source: Heritage Foundation research.

heritage.org

Рисунок 2. Расположение военных баз в Заполярной зоне Северного полушария по данным зарубежных источников.

1 – Штаб-квартира НАТО в Бодо, Норвегия; 2 – Североморск, база «Северного флота» РФ; 4, 5, 6, 9, 10 – локализация военных баз на островах Северного Ледовитого океана; 3, 7, 8, 11, 12 – наземная линия обороны.

Экологические последствия для человека и природы весьма неоднозначны и представляют собой мину замедленного действия. Однако среди факторов, влияющих на аккумуляцию радиоактивного загрязнения почвой и донными отложениями морей, менее всего оценена роль живых организмов. В отечественной литературе имеются отрывочные сведения о

содержании радионуклидов в почвах, воде, растительности, морских рыбах и некоторых наземных позвоночных за отдельные годы, но отсутствует система их многолетнего мониторинга на обширной территории АЗРФ. Поэтому для понимания последствий радиационного загрязнения целесообразно обратиться к монографии академика А.В. Яблокова с соавторами [7], обобщающей мировые данные с момента Чернобыльской катастрофы 1986 года.

Картина Чернобыльских загрязнений вод и почв оказалась динамичной не только в результате физических превращений радионуклидов, но и вследствие их миграции в экосистемах по пищевым цепям. Активная миграция Sr-90, Cs-137, плутония, америция в результате биоаккумуляции привела к включению их в пищевые цепи, ведущие к человеку. При одинаковом питании в семье дозовые нагрузки у детей в 3–5 раз выше, чем у взрослых [7, с. 266]. Цезий-137, как и стронций-90, растворим в воде, что облегчает попадание этих радиоактивных элементов в организм человека по пищевым цепям. В результате длительного периода полураспада, около 30 лет, загрязненные им территории будут радиационно опасными на протяжении около 300 лет. Пока Cs-137 находится в корнеобитаемом слое почвы и, как оценивают специалисты, будет оставаться там в течение 30–40 лет будет происходить его регулярное подсосывание и поступление в местные продукты питания продукты питания.

На загрязненных территориях ускоренно происходит отбор менее чувствительных особей, то есть наблюдаются процессы радиоадаптации. Такая адаптация популяций должна сопровождаться гибелью чувствительных генотипов и обеднением генофонда. Пока генетические изменения в популяциях, обитающих на загрязненных территориях оказываются разнонаправленными и не прямо связанными с уровнями радиационного загрязнения на момент исследования. Какими будут эти последствия ускоренного процесса микроэволюции в будущем прогнозировать не возможно. Учитывая время жизни поколений, эта микроэволюция будет наиболее быстрой для микроорганизмов и мелких жизненных форм [7]. Уже сейчас ясно, что при нарастании скорости

генетических изменений на микробиологическом уровне долговременные последствия могут оказаться опаснее прогноза.

Спустя 24 года после Чернобыльской катастрофы средний уровень Cs-137 в мясе дикого кабана в Германии в зоне радиоактивного загрязнения снизился незначительно, составив 7 000 Бк/кг. По многочисленным измерениям концентрация Cs-137 в мясе лосей на радиоактивно загрязненных территориях Швеции через 11 лет содержание радионуклида было таким же, как и в 1987 г [7]. Это хорошо согласуется с данными наблюдений по содержанию Cs-137 в мясе северного оленя с 1986 по 1996 гг на юге шведской Лапландии [8]. Рисунок 3 иллюстрирует динамику концентраций радионуклида по дням за 10-летний период в зависимости от пищевого рациона. За исходное значение взято 10 000 Вк/м в почве. Очевидна накопительная функция радионуклида грибами и передача его по пищевой цепи.

Мейобентос из районов бывшего ядерного полигона и мест захоронения РАО вокруг архипелага Новая Земля продемонстрировал перестройки структуры сообществ, которые заключались в изменении таксономического состава и количественных показателей. С возрастанием концентрации Cs-137 в грунте увеличивалось таксономическое разнообразие сообщества и уменьшалась плотность его поселения [9].

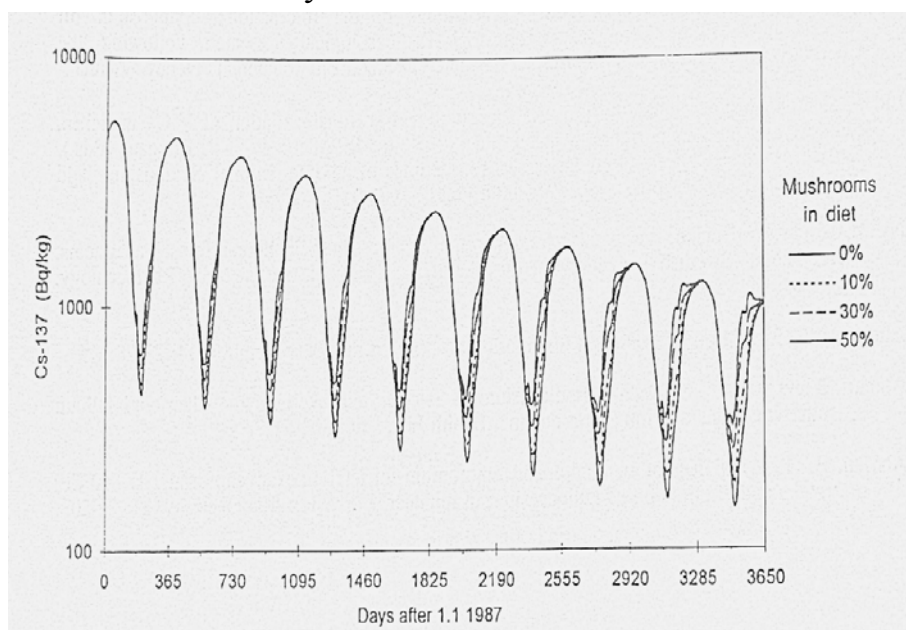


Рисунок 3. Действующая концентрация Cs-137 (Вк/кг) в мышцах северного оленя в с июня по октябрь при содержании грибов в рационе 0, 10, 30 и 50% относительно 1 сентября [8].

Таким образом, данные о последствиях Чернобыльской катастрофы могут служить моделью изменения экологической обстановки под воздействием радиационного загрязнения в АЗРФ. Уже сейчас очевидно, что во всех микроорганизмах и микробиологических сообществах происходят быстрые, малопредсказуемые изменения. Эти изменения могут быть опасными для выживания и здоровья других видов, включая человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Академия военных наук РФ. Официальный сайт: URL: <http://www.avnrf.ru/index.php/publikatsii-otdelenij-avn/regionalnykh/omskogo-sibirskogo-otdeleniya/711-militarizatsiya-arktiki> (дата обращения: 04.04.2016).
2. Академик Саркисов: «Очистить Арктику от последствий «холодной войны». Официальный сайт РАН. Новости от 02.12.15: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=54b054d5-40a7-4d4c-b244-499a7eed79d0> (дата обращения: 18.04.2016).
3. 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. С. 70-81.
4. Соколов Ю.И. Арктика: к проблеме накопления экологического ущерба // Арктика. Экология и экономика. 2013. №2 (10). С. 18-27
5. Саркисов А.А., Антипов С.В., Высоцкий В.Л. Приоритетные проекты реабилитации арктических морей от затопленных и затонувших ядерных и радиационно опасных объектов и необходимость международного сотрудничества // Арктика. Экология и экономика. 2012. №4 (8). С. 4-15.
6. NEWSru.com — Новостной интернет-портал. Новости от 10.04.16: URL: <http://www.newsru.com/world/10apr2016/submarines.htm> (дата обращения: 18.04.2016).
7. Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Г. Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы / Киев: Универсаріум. 2011. 592 с.
8. Ahman B., Nylen T. Transfer of radiocaesium from fallout to reindeer as an effect of diet composition // Radioactive Contamination in the Russian Arctic. AMAP-Data Centre Report, 1997, pp. 42-45.
9. Гальцова В.В., Кулангиева Л.В., Погребов В.Б. Мейобентос из районов бывшего ядерного полигона и мест захоронения радиоактивных отходов вокруг архипелага Новая Земля (Баренцево и Карское моря) // Биология моря, Владивосток, 2004. Вып. 30, № 4. С. 263-271.

MANDRYKA, Olga N. – Russian State Hydrometeorological University. 195196, Malookhtinsky prospect 98, Saint-Petersburg, Russia. E-mail: omandryka@yandex.ru.

BUZIN, Dmitry A. – Russian State Hydrometeorological University. 195196, Malookhtinsky prospect 98, Saint-Petersburg, Russia. E-mail: 89111703879@mail.ru.

PARFENOV, Alexey A. – Russian State Hydrometeorological University. 195196, Malookhtinsky prospect 98, Saint-Petersburg, Russia. E-mail: alparfenov@bk.ru.

RUSSIAN ARCTIC ENVIRONMENT: RADIOACTIVITY SAFETY ISSUES.

Long-term data on radioactive contamination sources for terrestrial and marine environment of the Russian Arctic have been summarized in the article. Basically, contamination of the area with antropogenic radionuclides has arisen from the three primary known sources: global fallout from atmospheric nuclear weapons testing all over the Northern hemisphere, liquid release from European nuclear fuel reprocessing plants, and fallout in the European area from the Chernobyl accident.

In addition to these sources of widespread contamination, there is a number of notable local contamination sources. These cover the Novaya Zemlya nuclear weapons test sites; dumping of solid radioactive wastes including nuclear reactors and submarines in the Barents and Kara seas as well as decommission facilities stored in coastal bays of the North-west Russian Arctic.

An accumulated environmental damage for vulnerable Arctic ecosystems resulted mainly from an arms race in the time of “cool war”. Finally, fallout from the Chernobyl accident in 1986 made additional significant contribution to radionuclide contamination of the Western part of the Russian Arctic. Not all potentially radioactive sites are estimated as extremely harmful for population or environment today. Nevertheless, they should be treated as a great danger for the nearest future, especially those of underwater storage.

ARCTIC; RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL; RADIONUCLIDE CONTAMINATION; ENVIRONMENT; ECOSYSTEMS.
