

УДК 546.36 (268.45+268.52)

⁹⁰СТРОНИЙ В МОРСКОЙ ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА (2000–2019 гг.)

© 2022 г. Академик РАН Г. Г. Матишов^{1,2,*}, Г. В. Ильин¹

Поступило 18.03.2022 г.

После доработки 28.04.2022 г.

Принято к публикации 04.05.2022 г.

Проанализирована многолетняя динамика концентрации ⁹⁰Sr в воде и донных отложениях Баренцева моря. Показана зависимость распространения ⁹⁰Sr от условий географической среды водоема. Быстрое снижение его удельной и объемной активности в 3–5 раз происходило после запрета испытаний ядерного оружия и нормирования радиоактивных сбросов химкомбинатами в Западной Европе в 1960–1990-е гг. Характер распределения ⁹⁰Sr в море определяется течениями, макро- и мезомасштабной динамикой вод в бассейне. В донных отложениях концентрация зависит от рельефа, гранулометрического состава донных отложений и интенсивности осадконакопления. Сочетание этих факторов и наличие современных источников ⁹⁰Sr позволяют выделить в море два типа участков его накопления – прибрежную зону и акваторию открытых частей с прилегающим шельфом. Показаны общая тенденция в динамике концентрации ⁹⁰Sr и ее временные осцилляции.

Ключевые слова: радиоактивность, ⁹⁰Sr, морская среда, донные осадки, рельеф дна, источники радиации

DOI: 10.31857/S2686739722080114

ВВЕДЕНИЕ

В морях Арктики ⁹⁰Sr наряду с ¹³⁷Cs является основным дозообразующим техногенным радиоизотопом. Сродство с кальцием делает этот биофильный элемент высоко опасным для морской биоты и человека [1, 2]. Он содержится в значительном количестве в отработавшем ядерном топливе, в радиоактивных отходах ядерных реакторов на современных атомных электростанциях, в продуктах ядерных испытаний и аварийных выбросах. Таким образом, на состояние морских бассейнов Западной Арктики с 1950-х гг. по настоящее время влияют источники ⁹⁰Sr глобального уровня воздействия – продукты испытаний на Новой Земле, трансокеанический перенос стока комбинатов “Селлафилд” и “Ла Хаг”, регионального уровня – сток сибирских рек, и локального –

инфраструктура атомного флота, дамлинг РАО в Баренцевом море [3–7].

Запрещение испытаний ядерного оружия в 3 средах 1963 г. и нормирование сброса отходов европейскими радиохимическими заводами в конце 1980-х гг. снизили концентрацию ⁹⁰Sr в воде и донных отложениях Баренцева и Карского морей. В 1986 г. ⁹⁰Sr вместе с изотопами ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs и ¹³¹I был одним из наиболее значимых радионуклидов, поступивших в Арктику с атмосферными выбросами Чернобыльской АЭС [8]. Его период полураспада 29.1 лет означает, что требуются десятки лет для распада накопленного в Баренцевом море количества этого изотопа до незначительных концентраций. Существующий местами уровень загрязнения моря и способность ⁹⁰Sr к миграции по морской пищевой цепи определяют степень его опасности для человека. Несмотря на актуальность знаний о его миграции в море при современных темпах освоения морской Арктики, этот радионуклид редко определяется в исследованиях из-за сложности анализа, а данные мало освещаются в научной литературе.

Цель настоящей работы – проанализировать динамику концентрации ⁹⁰Sr в Баренцевом море, получить представления о закономерностях его распределения и миграции в море.

¹ Мурманский морской биологический институт
Кольского научного центра Российской академии наук,
Мурманск, Россия

² Федеральный исследовательский центр
“Южный научный центр Российской академии наук”,
Ростов-на-Дону, Россия

*E-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru

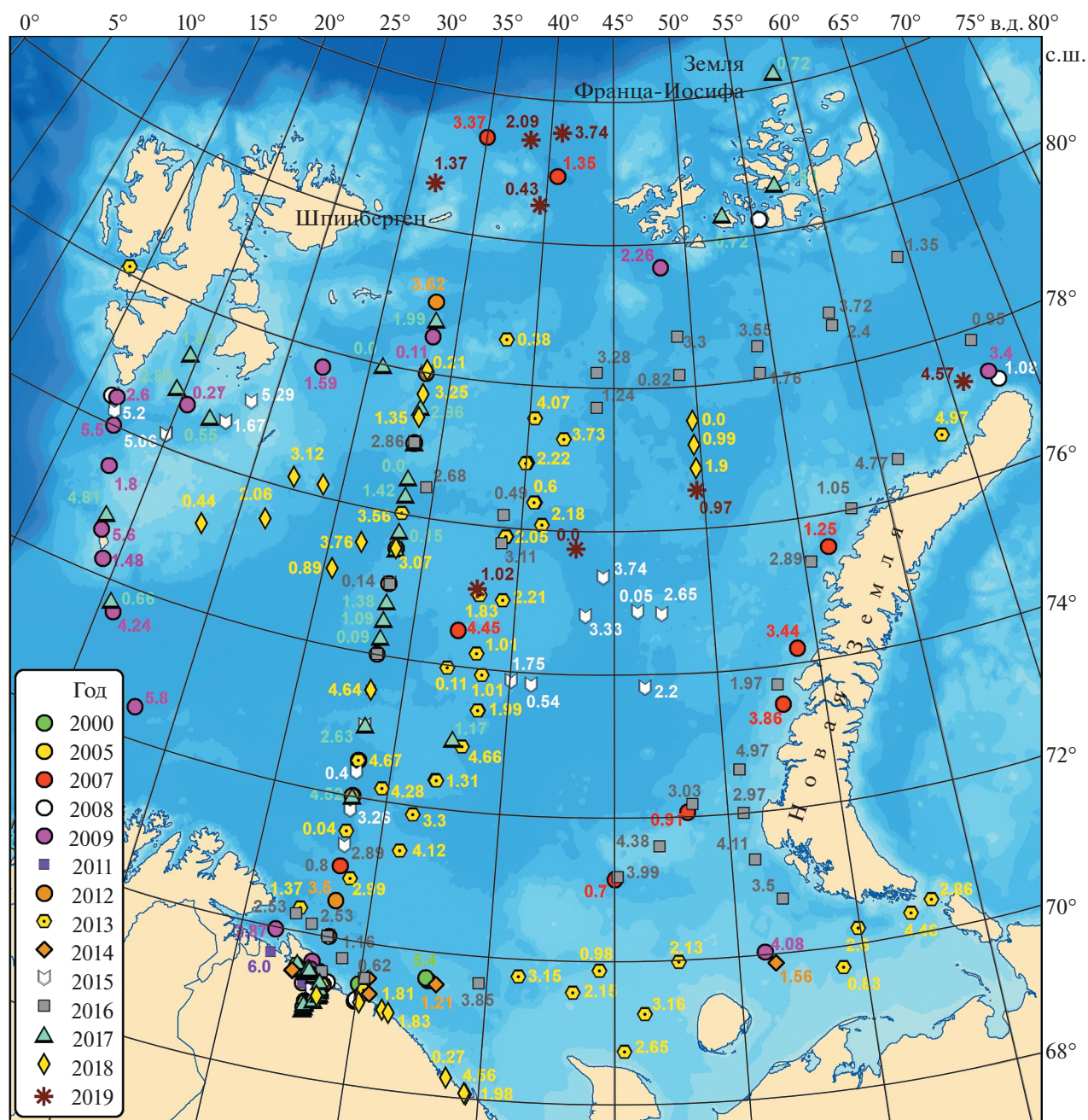


Рис. 1. Объемная активность ^{90}Sr в водах Баренцева моря, Бк/м³.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе проанализированы данные многолетних радиозокологических наблюдений ММБИ в Баренцевом море и прилегающих акваториях. Используются материалы эпизодических наблюдений с 1985 по 2005 г. и данные регулярных наблюдений с 2005 по 2021 г. (рис. 1). Используются также данные мониторинга в прибрежной зоне Кольского полуострова и наблюдения в районах высокоширотных архипелагов. Исследовано радиозокологическое состояние воды на разных го-

ризонтах и поверхностного слоя донных осадков (0–3 см) в различных районах Баренцева моря. В работе при анализе материалов учтены также данные измерений концентрации ^{137}Cs и ^{134}Cs .

Радиометрический анализ проб выполнен в лаборатории ММБИ РАН. Определение объемной и удельной активности ^{90}Sr в пробах проведено радиохимическим методом, согласно которому активность ^{90}Sr устанавливается опосредованно, по активности равновесного ^{90}Y в счетных

образцах. Измерения выполнены на установке LS-6500 (“Beckman Instruments Inc.”, США).

Определение объемной активности ¹³⁷Cs и ¹³⁴Cs выполнено методом сорбции радиоизотопов на органический сорбент “Анфеж”. Измерения счетных образцов сорбента и донного осадка проведены на спектрометрах гамма-излучения “InSpector-2000”, гамма- и рентгеновского излучения “b13237” (“Canberra”, США). Спектры проанализированы с помощью программного обеспечения Cenie-2000.

Удельная активность ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в донных отложениях приведена в расчете на 1 кг сухой массы осадка. Было проанализировано несколько сотен проб воды, донного осадка и почвы. Статистические расчеты выполнены с помощью специализированной программы SPSS Statistics.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Содержание ⁹⁰Sr в воде и донных отложениях Баренцева моря на протяжении сорока лет наблюдений претерпевало сильные изменения. Наиболее высокие концентрации наблюдались в 1960-е гг. Испытания атомного оружия вызвали рост его объемной активности в этот период до 20–50 Бк/м³ в различных участках моря [2, 4]. Источником ⁹⁰Sr были не только атмосферные выпадения продуктов атомных взрывов на Новой Земле, но и трансокеанический перенос из Атлантики стоков европейских радиохимических комбинатов “Селлафилд” и “Ла-Хаг”. В прилегающих с юга и запада водах Северного моря и Норвежско-Гренландского бассейна объемная активность ⁹⁰Sr в этот период составляла до 21 Бк/м³ [9–11].

Активные работы по радиационной экологической океанологии в арктических морях начались в 1980–1995 гг. [4, 6, 9, 10]. В этот период происходило быстрое снижение в 3–5 раз концентрации ⁹⁰Sr в морской воде, связанное с прекращением испытаний атомного оружия. В западной периферии моря у мыса Нордкап в 1990-е годы его объемная активность снизилась до 4.3 Бк/м³. В юго-восточной окраине – Печорском море, содержалось 3.7 Бк/м³ ⁹⁰Sr. В центральных частях моря его содержание было изменчивым, но не превышало 7 Бк/м³. В начале 2000-х гг. отмечены локальные участки его повышенной объемной активности в центральных районах и у Новой Земли – до 14 Бк/м³ [12, 13]. После 2000-х годов темп снижения объемной активности замедлился, а концентрация приблизилась к современной, обусловленной миграцией ⁹⁰Sr в глобальном и региональном обороте, включая слабые локальные источники в Норвежско-

Баренцево-Карском регионе. Характер современного распределения ⁹⁰Sr показан на рис. 1.

Обращает внимание неоднородность распределения ⁹⁰Sr, вызванная изрезанностью шельфа глубокими гляциальными желобами, динамикой течений атлантических и полярных вод. Повышение объемной активности до 4–5 Бк/м³ отмечено в западной и восточной периферии моря. Исследования 2009, 2017 г. показали, что адвекция атлантических вод по-прежнему остается для Баренцева моря главным транзитером ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr [12, 15]. Основной поток радионуклидов поступает в море с Нордкапским течением по желобу о. Медвежий. Максимальная концентрация изотопов отмечается в верхних слоях потока 100–150 м. В глубинных слоях их концентрация заметно снижается [14, 15]. Отмечена межгодовая неравномерность поступления радионуклида через западную границу моря. Содержание ⁹⁰Sr повышено и в атлантических водах, заходящих в море через северные проливы из Полярного бассейна, в том числе через пролив Святой Анны (рис. 1). В центральной области моря пятнистость его концентрации характеризует локализацию различных водных масс. Полярным водам свойственна минимальная объемная активность 0.1–2.5 Бк/м³. В 90% проб она составляла 0.1–0.4 Бк/м³. Более высокое содержание, местами до 4–4.5 Бк/м³, характеризует струи теплых течений, участки гидрофронттов, прибрежные воды [14, 15]. Повышенное содержание радионуклида вдоль побережья Новой Земли обусловлено поверхностным стоком с архипелага. На участках Мурманского побережья вблизи объектов инфраструктуры атомного флота объемная активность может локально повышаться до 6–7 Бк/м³, а близ хранилища РАО в губе Андреева (губа Западная Лица, Мотовский залив) – до 10–70 Бк/м³ [15, 16].

Ежегодно в сезонных экспедициях ММБИ РАН изучались несколько различных в гидрологическом отношении участков акватории моря. Это позволяет получить представления о динамике среднего содержания ⁹⁰Sr в воде Баренцева моря (табл. 1). Чтобы избежать локального влияния инфраструктуры атомного флота и стока радионуклидов с архипелагов, данные прибрежных станций (30-мильная зона) были исключены из расчетов.

Анализ статистических показателей выявляет тенденцию снижения концентраций ⁹⁰Sr в воде в течение последних 20 лет. Общий нисходящий тренд осложняется короткопериодной осцилляцией средних величин. Такой характер изменчивости связан, прежде всего, с годовыми колебаниями поступления радиоизотопа в море извне. Для проверки статистической достоверности различий средних годовых концентраций проведено

Таблица 1. Статистические характеристики динамики объемной активности ^{90}Sr в водной массе Баренцева моря (уровень значимости P_1 0.05)

Год	Количество наблюдений n	Среднее	Дисперсия σ^2	Стандартное отклонение	Ошибка среднего	Доверительный интервал
2000	5	3.44	2.97	1.72	0.77	2.45
2007	11	2.29	1.17	1.08	0.33	1.46
2009	11	2.58	2.25	1.50	0.54	1.43
2011	13	3.77	0.22	0.47	0.27	1.22
2012	7	3.68	0.45	0.67	0.25	1.13
2013	46	2.40	1.99	1.41	0.21	0.93
2014	14	2.45	0.28	0.52	0.26	1.17
2015	23	2.42	2.37	1.54	0.32	1.44
2016	41	2.66	1.66	1.29	0.20	0.90
2018	16	2.06	1.19	1.09	0.27	1.22
2019	15	1.39	0.53	0.73	0.19	0.84

парное сравнение средних арифметических и дисперсий для невзвешенных малых рядов с неравными дисперсиями. Расчеты показали, что в полученных нами выборках наибольшими достоверными различиями во временном ряду выделяются годы 2007, 2009, 2011, 2012, 2014 и 2016, отображающие видимо восходящую (2007–2011 гг.) и нисходящую (2011–2014 гг.) фазы осцилляции (рис. 2). Причиной цикличности, по-видимому, являются колебания поступлений радиоизотопов с атлантическими водами через западную границу моря. Поступления из Полярного бассейна менее значимы и происходят со сдвигом на несколько лет.

На шельфе Баренцева моря и окружающих бассейнов радиоактивные частицы осаждаются в соответствии с закономерностями седиментации в морях Арктики. Техногенный ^{90}Sr слабо сорбируется органической взвесью в толще воды и в открытом море циркулирует главным образом в растворенной форме. В донные отложения он по-

падает при осаждении минеральной взвеси и в результате сорбции поверхностью донного осадка из омывающих вод. Большой сорбционной емкостью обладают тонкозернистые алевролиты и глинистые илы (фракции с размером зерен 0.01–0.001 мм), в которых изотопы устойчиво удерживаются от вымывания в воду [17, 18].

Закономерно, что в песчаных и крупноалевритовых осадках, залегающих на банках, возвышенных плато и прибрежном шельфе до глубин 130–150 м удельная активность ^{90}Sr мала (0.1–0.5 Бк/кг). Например, в 1990-е годы отложения Мурманской банки (глубины 120–180 м) содержали 0.1–0.4 Бк/кг ^{90}Sr . На пониженных участках шельфа его активность изменялась от 0.3 до 4 Бк/кг. В глубоководном Центральном желобе, в отличие от западных и прибрежных районов моря, его среднее содержание по наблюдениям 1993 г. составляло 0.3 Бк/кг. Высокая активность до 16–22 Бк/кг была отмечена на загрязняемых участках дна у Новой Земли [4]. В последующие годы активность ^{90}Sr в осадках всего морского бассейна снижалась (рис. 3).

Регулярные наблюдения в 2006–2019 гг. указывают на стабильно низкий уровень загрязнения и относительно разнородное распределение удельной активности ^{90}Sr в верхнем слое донных отложений от 0.2 до 2.5 Бк/кг. Центральная и северная части моря более всего охвачены наблюдениями последних лет. Эти области характеризуются развитием постоянных и сезонных гидрофронтов, связанных с взаимодействием атлантических и полярных вод, таянием ледового покрова. Смещение вод и разнородность концентраций хорошо выражены вдоль меридиана $33^{\circ}30'$ восточной долготы (“Кольский” разрез), который пересекает 3 основные ветви теплого Нордкапского течения и струи полярных вод течения Персея. Максимальное содержание ^{90}Sr чаще все-

**Рис. 2.** Динамика средней годовой объемной активности ^{90}Sr в водной массе Баренцева моря.

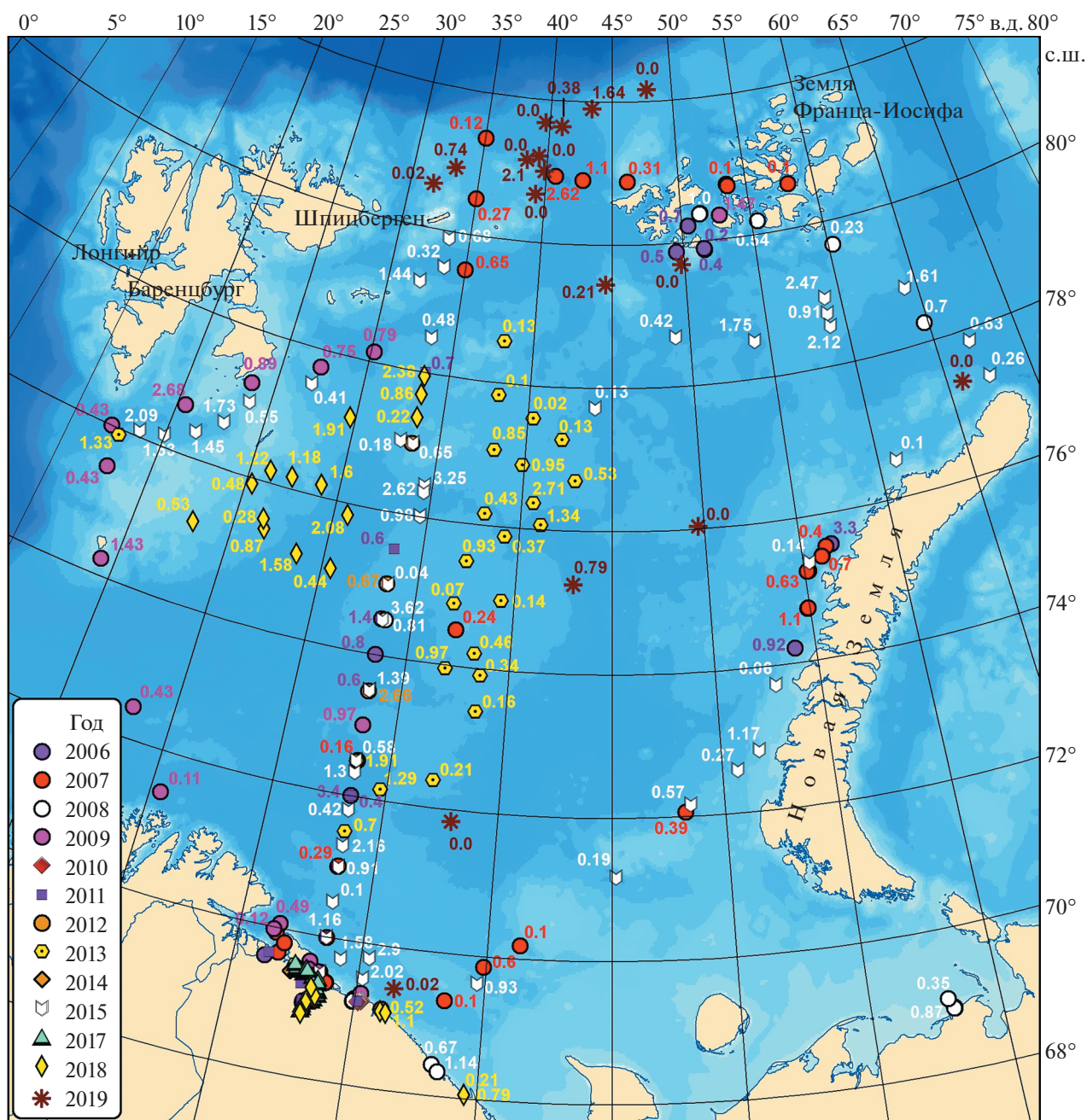


Рис. 3. Удельная активность ⁹⁰Sr в донных отложениях Баренцева моря, Бк/кг.

го отмечается во впадинах и желобах, направляющих струи теплых течений. Концентрирование происходит в результате смыва с поднятий и склонов тонкодисперсного осадочного материала в понижения рельефа.

Меньше всего ⁹⁰Sr удерживается песчаным и гравийным осадочным материалом, из которого он вымывается со временем придонными течениями почти на 95% [4, 15]. Поэтому низким содержанием выделяются мелководья в северной части моря – возвышенностей Персея и Центральная. Здесь в 5–10% опробований удельная активность

⁹⁰Sr меньше 0.1 Бк/кг, на уровне чувствительности измерений (рис. 3).

Донные отложения являются консервативной средой длительного накопления радионуклидов при седиментации. В связи с этим колебания средней годовой активности ⁹⁰Sr в осадке в локальных участках моря менее выражены, чем в воде. Отбираемый при исследованиях верхний слой отложений 0–3 см интегрирует неодинаковое количество лет седиментации в разных районах моря. При обобщениях это обстоятельство позволяет получить лишь ориентировочное пред-

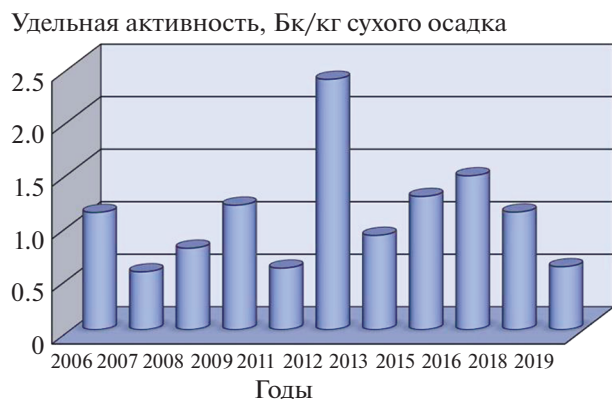


Рис. 4. Величины средней годовой удельной активности ^{90}Sr в донных отложениях Баренцева моря.

ставление о среднем уровне загрязненности донного осадка ^{90}Sr . Возникающие при осреднении данных по всему бассейну статистические погрешности не позволяют корректно интерпретировать полученные данные. Для примера, среднегодовые для всего моря за последние 15 лет величины удельной активности показаны на рис. 4. Очевидно, что получение корректных средних (фоновых) величин и трендов возможно лишь в морфологически однородных районах моря с учетом локальных источников загрязнения (объекты инфраструктуры флота, стоки новоземельских полигонов, районы подводных испытаний).

ВЫВОДЫ

В настоящее время радиационное загрязнение стронцием-90 морской среды Баренцева и прилегающих Северо-Европейских морей стабильно удерживается на относительно низком уровне последние 15–20 лет. В Баренцевом море устойчивость существующего уровня активности ^{90}Sr обеспечивается главным образом его поступлением с водами Нордкапского течения через западную границу моря (рис. 1). Повышенное содержание ^{90}Sr в водах атлантического течения после минимизации радиоактивных сбросов заводами “Селлафилд” и “Ла Хаг” поддерживается, в том числе, атмосферными выпадениями над Северной Атлантикой и Норвежским морем. Совокупная роль нормативных и аварийных газоаэрозольных выбросов 443 реакторов действующих АЭС в настоящее время не оценена и требует постоянного внимания и учета в балансе радиационного загрязнения атмосферы как арктических, так и южных морей. Как показывает опыт Чернобыльской АЭС и АЭС “Фукусима”, даже континентально удаленные источники оказывают влияние на состав аэрозолей и атмосферных выпадений в исследуемом районе [4, 12, 15]. В динамике концентраций ^{90}Sr в воде и донных отложениях отмеча-

ются достоверно различимые годовые колебания. В водной среде они связаны, вероятно, с цикличностью атлантического переноса.

Перераспределение ^{90}Sr на акватории Баренцева моря под воздействием разномасштабной динамики вод создает разнородное поле концентраций и позволяет лишь ориентировочно судить о его “фоновой” концентрации в водоеме. Для специальных исследований “фоновую” активность целесообразно рассчитывать индивидуально для гидрологически обособленных областей моря с учетом возможных локальных источников.

Разнородность распределения ^{90}Sr на участках морского дна вызвана особенностями рельефа и осадконакопления. Локализация более высокой удельной активности отмечена во впадинах донного рельефа главным образом западной части моря, где со временем концентрируются тонкодисперсные отложения, смытые с возвышенностей (рис. 3). Исходя из особенностей распределения ^{90}Sr в море можно выделить два типа участков. Первый тип – участки с влиянием местных источников загрязнения. К ним относятся Кольское побережье (Западный Мурман) и побережье архипелагов. На их состояние влияют объекты инфраструктуры атомного флота и разгрузка ледниковых стоков, роль которых слабо изучена [4, 6, 16]. Второй тип – акватория открытых частей Баренцева моря. Концентрация ^{90}Sr и ^{137}Cs происходит в соответствии с естественными процессами седиментации на морском дне и схемой циркуляции течений системы Гольфстрима [4, 15, 17].

Таким образом, проведен анализ динамики содержания и закономерностей распространения ^{90}Sr . При нарастающем использовании атомной энергетики на шельфе Арктики актуальность полученных материалов определяется в первую очередь востребованностью в целях мониторинга опасного даже в малых концентрациях из-за своих биофильных свойств радиоизотопа. Материалы могут служить базой эмпирических данных для параметризации моделей радиоизотопного обмена морских экосистем и развития радиационной океанографии.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Публикация подготовлена в рамках реализации Государственного задания ММБИ РАН, а также ЮНЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Поликарпов Г.Г.* Радиэкология морских организмов. М.: Атомиздат. 1971. 295 с.
2. *Егоров В.В.* Теория радиоизотопного и химического гомеостаза морских экосистем. Севастополь: Изд. ФИЦ ИнБЮМ. 2019. 355 с.

3. Вакуловский С.М., Никитин А.И., Чумичев В.Б. О загрязнении арктических морей радиоактивными отходами западноевропейских радиохимических заводов // Атомная энергия. 1985. № 58 (6). С. 445–449.
4. Matishov D.G., Matishov G.G. Radioecology in the Northern European Seas. Berlin: Springer. 2004. 335 p.
5. Johannessen O.M., Volkov V.A., Petersson L.H., Made-rich V.S., Zhelesnyak M.J., Gao Y., Bobylev L.P., Stepanov A.V., Neelov I.A., Tishkov V.P., Nielsen S.P. Radioactivity and Pollution in the Nordic Seas and Arctic Region: Observations, Modelling and Assessment. Chichester: Springer/Praxis. 2010. 408 p.
6. Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П., Высоцкий Л.В., Губин А.Т., Данилян В.А., Кобзев В.И., Крышев И.И., Ловковский С.А., Мазокин В.А., Никитин А.И., Петров О.И., Пологих Б.Г., Скоркин Ю.И. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и Дальневосточные моря (“Белая книга-2000”). М.: ИздАТ, 2005. 624 с.
7. Саркисов А.А., Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Никитин А.И. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. М.: Изд. ИБРАЭ РАН, 2015. 699 с.
8. Gao Y., Drange H., Bentsen M., Johannessen O. Simulating Transport of Non-Chernobyl ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the North Atlantic–Arctic Region // Journal of Environmental Radioactivity. 2004. V. 71. Issue 1. P. 1–16.
9. Kershaw P.J., Baxter A. The Transfer of Reprocessing Waste from Northwest Europe to the Arctic // Deep-Sea Research II. 1995. № 42 (6). P. 1413–1448.
10. Юдахин Ф.Н., Киселев Г.П., Киселева И.М. Техногенные радиоактивные изотопы в морях Западной Арктики в период 1972–1996 гг. // Изв. РГО. 1998. Т. 130. Вып. 5. С. 13–21.
11. Kautsky N. Distribution and Content of Cs-137+Cs-134 and Sr-90 in the Water of the North Sea during the Years 1982–1984 // Deutsche Hydrographische Zeitschrift. 1986. V. 39. P. 139–159.
12. Матишов Г.Г., Усягина И.С., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е., Павельская Е.В. Оценка потоков ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в Баренцевом море // ДАН. 2011. Т. 439. № 6. С. 822–827.
13. Gwynn J.P., Heldal H.E., Gäfvert T., Blinova O., Eriksson M., Sværen I., Brungot A.L., Strålberg E., Møller B., Rudjord A.L. Radiological Status of the Marine Environment in the Barents Sea // Journal of Environmental Radioactivity. 2012. V. 113. P. 155–162.
14. Ильин Г.В., Усягина И.С., Валу́йская Д.А., Максимовская Т.М. Содержание техногенного изотопа ¹³⁷Cs в западной части Баренцева моря по результатам экспедиций 2017 года // Труды Кольского научного центра РАН. Океанология. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 4 (9). С. 131–139.
15. Матишов Г.Г., Ильин Г.В., Усягина И.С., Кириллова Е.Э. Динамика искусственных радионуклидов в экосистемах морей Северного Ледовитого океана на рубеже XX–XXI веков. Часть 1. Морская вода и биота // Наука Юга России. 2019 Т. 15. № 3. С. 12–23.
16. Matishov G.G., Ilyin G.V., Usyagina I.S., Moiseev D.V., Dahle S., Kasatkina N.E., Valuyskaya D.A. The Effect of Radioactive Waste Storage in Andreeva Bay on Contamination of the Barents Sea Ecosystem // Doklady Earth Sciences. 2017. V. 472. № 2. P. 220–225.
17. Turner N.B., Ryan J.N., Saiers J.E. Effect of Desorption Kinetics on Colloid-facilitated Transport of Contaminants: Cesium, Strontium, and Illite Colloids // Water Resources Research. 2006. Т. 42. № 12. P. 1–17.
18. Торопов А.С. Изучение форм нахождения стронция-90 в природных водах на примере семипалатинского испытательного полигона // Вестник Кузбасского технического университета. 2018. № 2. С. 12–20.

STRONTIUM-90 IN SEAWATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA SHELF (2000–2019)

Academician of the RAS G. G. Matishov^{a,b,#} and G. V. Ilyin^a

^a Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation

^b Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

[#]E-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru

The long-term dynamics of ⁹⁰Sr concentration in water and bottom sediments of the Barents Sea is analyzed. The dependence of the distribution of ⁹⁰Sr on the conditions of the geographical environment of the reservoir is shown. A rapid decrease in specific and volumetric activity occurred after the prohibition of nuclear weapons testing and rationing of radioactive discharges by chemical plants in Western Europe in the 1960s and 1990s. Its current concentration is 3–5 times lower compared to the 1990s. The nature of the ⁹⁰Sr distribution in the sea is determined by the currents, macro- and mesoscale dynamics of the waters in the basin. In bottom sediments, the concentration depends on the bottom relief, granulometric composition and intensity of sedimentation. The combination of these factors and the availability of modern sources of ⁹⁰Sr allows us to distinguish two types of marine accumulation sites – the coastal zone and the open water of the shelf. The cyclic variability and the general tendency of decreasing concentrations of ⁹⁰Sr in the Barents Sea are shown.

Keywords: radioactivity, ⁹⁰Sr, marine environment, bottom sediments, bottom relief, radiation sources