

УДК 546.36 (268.45)

ВЛИЯНИЕ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ РОСТОВСКОЙ АЭС НА РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ЮЖНЫХ ВОДОЕМОВ

© 2022 г. Академик РАН Г. Г. Матишов^{1,2,*}, В. В. Польшин¹, Г. В. Ильин², И. С. Усягина²

Поступило 07.12.2021 г.

После доработки 23.12.2021 г.

Принято к публикации 27.12.2021 г.

Анализируется возможное влияние выбросов радиоактивных газоаэрозолей Ростовской АЭС на формирование общего радиоэкологического фона в южном регионе России, в акваториях Азовского, Каспийского морей, Цимлянского водохранилища. Систематизируются материалы публикаций и многолетние данные экспедиционных радиоэкологических наблюдений ММБИ и ЮНЦ в Азово-Донском бассейне. Дается представление об общих закономерностях седиментации искусственных радионуклидов в водоемах региона. Предполагается, что после международного запрета испытаний ядерного оружия в трех средах (1963 г.) и прекращения выбросов Чернобыльской АЭС, относительно стабильный уровень концентрации техногенных радионуклидов в южных морских и пресноводных бассейнах поддерживается, в том числе, постоянными атмосферными выпадениями, включая выпадения газоаэрозольных выбросов Ростовской АЭС. Даются рекомендации по проведению радиоэкологического мониторинга в водоемах региона.

Ключевые слова: инертные радиоактивные газы, водная среда, донные осадки, короткоживущие радиоизотопы, газоаэрозоли, мониторинг

DOI: 10.31857/S2686739722040119

ВВЕДЕНИЕ

После запрета в 1963 г. испытаний ядерного оружия в высоких слоях атмосферы сохраняется циркуляция радиоактивной “пыли”, которая поддерживается в том числе выбросами действующих атомных реакторов [1–3]. В настоящее время в мире эксплуатируется 441 ядерный энергоблок на 190 атомных электростанциях. Вероятно, такое же количество действующих реакторов размещено на судах военного и гражданского флота. При эксплуатации и ремонтных работах на АЭС, атомоходах и прочих ядерных объектах происходит выброс газов и аэрозольных частиц размером менее 50 мкм. В практической работе имеют место неплановые выбросы в атмосферу радиоактивных веществ. Совокупная роль таких выбросов в балансе радиационного загрязнения атмосферы требует постоянного внимания и оценки.

С мая 1986 г. основным источником радиоактивного загрязнения атмосферы стала аварийная Чернобыльская АЭС [1, 3]. В 2011 г. после аварии на АЭС “Фукусима-1” возрос фон атмосферного загрязнения в Северном полушарии [5–7]. На Европейской территории России (ЕТР) выпадения выбросов АЭС фиксировались в конце марта–середине апреля [5]. В Ростовской области средняя годовая концентрация ^{137}Cs в воздухе возросла в 20 раз до 29.3×10^7 Бк/м³ [5, 6].

В спектре техногенной радиоактивности основной потенциал загрязнения закономерно связывается с относительно долгоживущими ^{137}Cs , ^{90}Sr . В то же время не менее важна роль короткоживущих изотопов – ^{134}Cs , ^{133}Xe , ^{137}Xe , ^{131}I , ^{132}I , ^{132}Te и др. [3–5, 8–10]. Пример атмосферного трансграничного переноса ^{134}Cs в северном полушарии, после аварий на Чернобыльской АЭС и на АЭС “Фукусима-1”, определяет актуальность изучения роли аэрозольных выбросов радионуклидов в наземной и морской среде, биоте. Для южных районов европейской части России более важно изучение влияния выбросов Ростовской АЭС на морские и пресноводные водоемы. Эти выбросы ежегодно варьируются на несколько процентов. В 2018 г. суммарная эмиссия ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs составляла около 1.6×10^6 Бк, а инертных радиоактивных газов (ИГР) 8.4×10^{13} Бк [9].

¹Федеральный исследовательский центр “Южный научный центр Российской академии наук”, Ростов-на-Дону, Россия

²Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, Мурманск, Россия

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

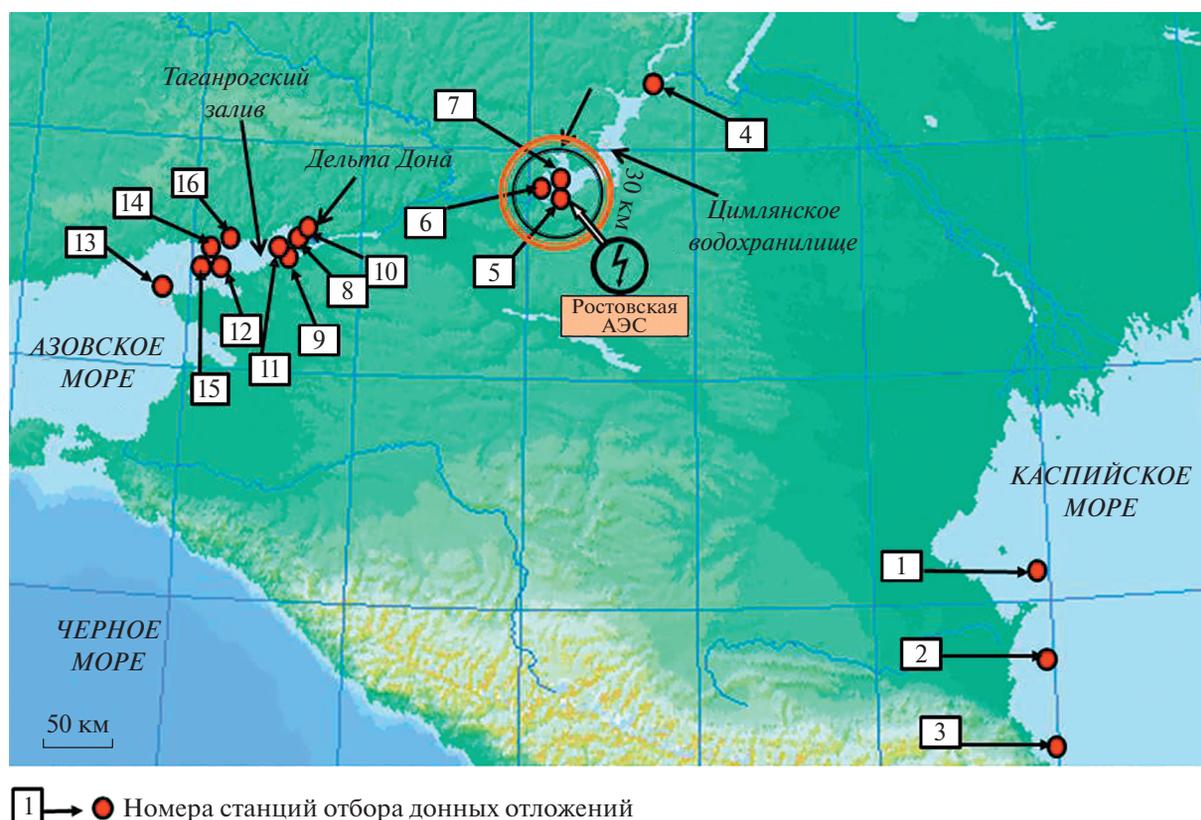


Рис. 1. Картосхема отбора донных отложений в 2021 г.

ЦЕЛЬ НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЫ

На основе систематизации радиоэкологических материалов, полученных ММБИ и ЮНЦ с 1997 г. в экспедициях по Азово-Донскому бассейну и литературных источников [1–8], представить общую географическую картину седиментации искусственных радионуклидов, динамику их концентрации в донных отложениях южных морей в сравнении с морями Севера России. Базируясь на доступных данных, определить признаки возможного влияния радиоактивных газоаэрозольных выбросов Ростовской АЭС и усовершенствовать методику мониторинга, опираясь на опыт авторов в радиоэкологическом изучении арктических морей в районах атомных объектов на Новой Земле, в губах Кольского залива, в губе Андреева с 1991 г. [2–4, 7, 12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на основе анализа собственных наблюдений в северных и южных морях (более 1 тыс. измерений за период с 1990-х гг. по 2020 г.) и литературных данных. Для оценки специфики местных источников, в 2020 г. образцы донных осадков были отобраны в Цимлянском водохранилище – на удалении 5–8 км от АЭС, в

авандельте Дона и взморье Таганрогского залива – на удалении 250 и 300 км, на шельфе Каспия – в 600 км от АЭС (рис. 1). Точки отбора проб расположены вниз по течению Дона и в направлении воздушного переноса инертных газов на Каспий. Анализ ситуации затрудняли, в некоторых случаях, низкие концентрации и фрагментарность распространения загрязнителей. В других случаях возможен недоучет короткоживущих элементов (^{134}Cs , ^{121}I) в связи с продолжительностью ожидания измерений [3, 7].

Гранулометрический состав донных отложений изучался с помощью лазерного анализатора Ласка-ТД (Гост Р 8.777-2011 ГСИ), ускоряющего разделение алевритовой и пелитовой фракций в пробах донных осадков.

Радиометрический анализ проб выполнен в ММБИ. Удельная активность радиоактивных изотопов цезия измерена на спектрометрах γ -излучения “InSpector-2000”, рентгеновского и γ -излучения “b13237” (“Caberra”, США). Спектры проанализированы с помощью программного обеспечения Genie-2000.

Определение 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).

Данные по удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в донных отложениях приведены в расчете на 1 кг сухой массы осадка.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТОВСКОЙ АЭС

Ростовская атомная станция расположена на берегу Цимлянского водохранилища, в 13 км от Волгодонска (рис. 1). Эксплуатируются четыре энергоблока: № 1 – с 2001 г., № 2 – с 2010 г., № 3 – с 2015 г., № 4 – с 2018 г. Газоаэрозольные выбросы изотопов ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{83}Kr , ^{85}Kr , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe , ^{138}Xe относительно невелики и в 2018 г. составили по элементам от 0.45 до 14.4% от допустимых выбросов [9, 10]. В связи с отсутствием информации о выбросах биофильных элементов ^{14}C и ^3H возможна недооценка дозы облучения. Основную долю в суммарной активности радионуклидов в аэрозольных выбросах АЭС составляют ^{131}I и ^{137}Cs [5, 9, 13, 14].

Водоем-охладитель Ростовской АЭС площадью 18 км² создан отсечением прибрежного участка Цимлянского водохранилища плотиной с фильтрующей дамбой. Объем сброса в водоем циркуляционной воды из систем обратного водоснабжения составляет 2.0×10^5 м³. В Цимлянское водохранилище радионуклиды из водоема-охладителя попадают путем фильтрации воды через дамбу. Однако в 2018 г. по данным служб Ростовской АЭС, содержание радионуклидов в циркуляционной воде было ниже минимально детектируемой активности [5, 6, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Перед изучением морских водоемов получить представление о влиянии аэрозольных выбросов Ростовской АЭС на природную среду проще всего по доступным для наблюдений и экспериментов наземным экосистемам. Мониторинг содержания радионуклидов в пробах среды и биоты в 30- и 100-км зоне вокруг АЭС проводился службами контроля самой АЭС и Северо-Кавказского УГМС аттестованными средствами контроля: стационарным и передвижным спектрометрами “Гамма-плюс”, СКС-07П “Кондор”, “DSA-1000”, “Canberra”, “Quantulus-1220”. Изучалась динамика удельной активности техногенных радионуклидов в почвах и сельскохозяйственных растениях. За 18-летний период наблюдений удельная активность ^{90}Sr в почве варьировала в пределах 1.1–8.7 Бк/кг, а ^{137}Cs – 5.4–18.8 Бк/кг. На контрольных участках солома зерновых и зеленая масса кормовых трав, в среднем, содержали ^{137}Cs 0.97–2.0 Бк/кг (при нормативном показате-

ле 400 Бк/кг) [9]. В 30-км зоне уровень загрязнения также относительно низкий. В травах и сельскохозяйственных растениях накапливалось от 0.2–0.3 до 0.5 Бк/кг ^{137}Cs [6, 7, 10, 11]. Связь этих вариаций концентрации радионуклидов с концентрацией аэрозолей и атмосферных выпадений не была обнаружена, что может быть следствием недостаточности наблюдений.

Содержание радионуклидов в приземном воздухе и в атмосферных выпадениях в зоне наблюдения находилось ниже минимально детектируемой активности. Содержание ^{137}Cs в почвах прибрежной зоны Цимлянского водохранилища изменялось от 7.5 до 15 Бк/кг, а содержание ^{90}Sr – от 1.7 до 7.4 Бк/кг. Специалистами Минатома [5, 6, 9] рассчитано, что накопление ^{137}Cs в разных продуктах сельского хозяйства лишь на 0.23–2.4% может быть обусловлено выбросами АЭС. Остальная часть ^{137}Cs , содержащегося в продуктах, обусловлена глобальными выпадениями.

Таким образом, в настоящее время выбросы радиоактивных материалов Ростовской АЭС не имеют явного влияния на состояние близко расположенных экосистем [6, 11]. При относительно постоянном объеме ежегодных выбросов их влияние может быть размыто вследствие атмосферного переноса аэрозолей на удаленные территории, в том числе на морские акватории.

Ряд обстоятельств повышает потенциальный риск загрязнения воздушной среды, так как на Ростовской АЭС отсутствуют установки пылегазоочистного оборудования [5, 6, 9]. В течение двадцати лет эксплуатации не единожды возникали неплановые газоаэрозольные выбросы. Примером может быть аварийный выброс пара 21.10.2021 г. из-за дефекта оборудования на АЭС (<https://www.interfax.ru/russia/798532>, дата обращения 21.10.2021). Некоторое количество радиоактивных веществ сбрасывается в момент остановки и запуска атомного реактора с водой, расширяющейся в контуре охлаждения [14]. Специалистами Минатома прогнозируется, что к 2038 г. вклад выбросов АЭС на загрязнение сельскохозяйственной продукции увеличится до 0.61–5.9% [9].

Морские бассейны, кроме Цимлянского водохранилища, удалены от Ростовской АЭС. При радиоактивных выбросах атмосферные выпадения на акваторию этих водоемов зависят от направления ветра, а в долговременном периоде – от стока рек, дренирующих почвы. Выделить влияние газоаэрозольных выбросов в море при штатной работе АЭС возможно лишь при длительных наблюдениях и определении тенденций в динамике концентрации радионуклидов (рис. 2).

В Цимлянском водохранилище, по наблюдениям службы радиационного контроля Ростовской АЭС, в трех контрольных точках вмешательства станции не прослеживается. Концентрация

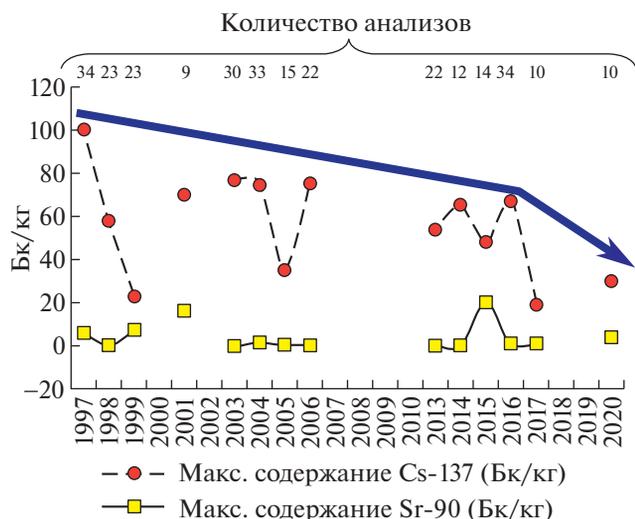


Рис. 2. Тенденция радиоактивного загрязнения донных отложений Азовского моря (после аварии в Чернобыле).

^{137}Cs в донных отложениях на этих точках составляла 1–3 Бк/кг, а ^{90}Sr – 0.3–1.0 Бк/кг [9]. В то же время отмечен устойчивый рост аэрозольных выбросов в период с 2014 по 2018 гг. В 2018 г. выброс ^{60}Co увеличился на 9.0×10^5 Бк, ^{131}I – на 4.7×10^7 Бк, ^{134}Cs – на 9×10^5 Бк, суммы ИГР – 1.6×10^{13} Бк по сравнению с 2017 г. [15]. Очевидно, что аэрозоли рассеиваются в удаленных, в том числе морских районах, создавая зоны локального загрязнения.

В бассейне Азовского моря и Цимлянском водохранилище после 1986 г. в воде и донных отложениях прослеживался радионуклид ^{134}Cs – индикатор продуктов выброса ЧАЭС [11]. Содержание этого изотопа в воде Азовского моря в 1986 и 1987 г. в среднем составляло 8.5 и 9.2 Бк/м³. В донных отложениях средняя концентрация ^{134}Cs в 1987 г. равнялась 22.1 Бк/кг, а в 1988 г. – 14.4 Бк/кг. В Цимлянском водохранилище в 75% проб изотоп ^{134}Cs не наблюдался, а в 25% его содержание составляло в среднем 8 Бк/кг. Концентрация ^{137}Cs в осадке варьировала от 17 до 62 Бк/кг.

Значительная часть выброса ЧАЭС поступила в Азовское море с воздушными потоками в 1986 г. Еще часть ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239,240}\text{Pu}$, очевидно, поступила в процессе переотложения и миграции этих веществ по речным системам Приазовья.

Анализ образцов донных отложений Азовского моря в 2019 г. показал вариабельность концентраций ^{137}Cs в интервале 10–65 Бк/кг (рис. 1, 2). Короткоживущие изотопы не были обнаружены. Сегодня для Азовского моря менее очевидна роль глобальных атмосферных выпадений, порожденных ядерными испытаниями в 1950–1960-е гг. и чернобыльской аварией.

В 2020 г. в Цимлянском водохранилище пробы донных отложений были отобраны в верховье бассейна и приплотинной части на глубинах от 3–5 м до 17 м. Новейший осадочный чехол (до 1–2 м) представлен на 70% мелкими алевритами (фракция 0.05–0.01 мм). В такого рода осадках, накопившихся после запуска Цимлянской ГЭС, удельная активность ^{137}Cs составила 1–6 Бк/кг, а ^{90}Sr – до 4 Бк/кг. В самой глубокой впадине, перед плотиной, илы содержат до 17 Бк/кг ^{137}Cs (рис. 1, табл. 1). В гирле и протоках авандельты Дона на глубинах 1–7 м, в донных осадках, также зафиксированы низкие концентрации ^{137}Cs (0.2–3 Бк/кг) и ^{90}Sr (2.5–4 Бк/кг). Однако в прибрежной (0.2–0.3 м) зоне острова Донской в торфянистых отложениях накоплено 20–28 Бк/кг ^{137}Cs (рис. 2). В кутовой части Таганрогского залива, у Донского взморья (около 250 км от АЭС) на глубинах 3–4 м мелкие алевриты, крупные и средние глинистые илы содержат ^{137}Cs 2–12 Бк/кг и ^{90}Sr – 0.3–0.7 Бк/кг (рис. 1, 2). На северо-западном шельфе Каспия (глубины от 2 до 31 м) смешанные донные отложения (мелкие алевриты и крупные глинистые илы) содержат меньше ^{137}Cs (4–8 Бк/кг) и больше ^{90}Sr (0.7–5.0 Бк/кг).

Изучение накоплений ^{137}Cs и ^{90}Sr последовательно: в грунтах Цимлянского водохранилища, авандельты, кутовой и внешней части Таганрогского залива, – дает возможность связать их с удалением от Ростовской АЭС. Сопряженный анализ гранулометрии и концентрации радиоактивных веществ выявляет важные особенности сорбционной емкости тонкодисперсных (0.01–0.001 мм) илов.

ВЫВОДЫ

Можно констатировать, что с начала 2000-х гг. средняя концентрация ^{137}Cs и ^{90}Sr в бассейне Азовского моря, включая Таганрогский залив и авандельту Дона, слабо снижается. Максимальные концентрации радионуклидов связаны с областью максимальных глубин и накоплением тонкозернистых осадков, а также – с зонами разгрузки поверхностных водотоков. Эти закономерности могут быть объяснены аккумуляцией в морском бассейне постоянных выпадений на территорию водосбора и на акваторию водоема радиоактивных аэрозолей, в том числе – выбросов Ростовской АЭС. В этой части водоема после многократного переотложения аккумулируются мелкие алевриты и глинистые илы, отмечается наибольшая скорость осадконакопления 2–5 см в год. В Цимлянском водохранилище максимальная удельная активность ^{137}Cs также наблюдается в наиболее глубокой части водоема, а не в принятых для наблюдений контрольных пунктах. Эта

Таблица 1. Удельная активность радионуклидов, гранулометрический состав донных отложений южных водоемов, 2020 гг.

№ станции	Глубина, м	Удельная активность Бк/кг сухой массы		Фракции, %					
				песок	алеврит		глинистые илы		
		Cs-137	Sr-90		1–0.1 мм	0.1–0.05 мм	0.05–0.01 мм	0.01–0.005 мм	0.005–0.001 мм
1	31.1	8.3 ± 1.3	3.07 ± 0.49	0.25	2.28	48.87	30.31	18.06	0.23
2	10.7	7.0 ± 0.6	5.10 ± 0.29	0.74	6.23	60.31	21.50	11.11	0.11
3	1.9	4.4 ± 0.9	0.66 ± 0.08	8.99	21.52	62.30	6.36	0.89	4.22
4	5.0	4.5 ± 1.7	–	0.06	1.39	39.51	33.74	24.84	0.45
5	3.1	1.1 ± 0.5	0.98 ± 0.19	0.84	6.18	65.14	19.56	8.18	0.09
6	17.3	13.2 ± 1.3	3.88 ± 0.66	2.13	15.22	76.10	5.26	0.44	–
7	11.8	4.7 ± 0.2	2.74 ± 0.58	0.12	4.90	76.11	16.17	2.70	–
8	3.0	2.1 ± 0.2	2.52 ± 0.36	0.57	3.20	40.67	28.42	26.64	0.50
9	болото	19.5 ± 1.9	–	21.67	1.68	43.76	32.53	21.51	0.34
10	7.1	3.0 ± 0.9	3.74 ± 0.71	0.10	1.30	38.79	33.75	25.60	0.46
11	болото	28.3 ± 4.2	1.92 ± 0.32	0.04	0.80	28.78	34.19	35.59	0.59
12	4.5	30.0 ± 4.7	<0.2	0.12	1.18	33.53	31.24	33.04	0.90
13	3	2.5 ± 0.6	0.51 ± 0.04	–	0.37	19.74	31.21	47.10	1.57
14	3.9	2.5 ± 0.5	0.72 ± 0.11	0.25	2.25	48.56	30.52	18.22	0.19
15	4.1	5.9 ± 1.9	1.86 ± 0.31	0.54	3.42	39.34	29.29	27.03	0.39
16	3.6	11.6 ± 0.7	0.32 ± 0.05	0.21	2.03	41.58	28.39	27.09	0.73

закономерность характерна и для впадин на дне северных морей.

Для совершенствования контроля за регламентными и аварийными газоаэрозольными выбросами Ростовской АЭС требуется организовать регулярный сезонный мониторинг с отбором проб донного осадка и зообентоса в акватории Цимлянского водохранилища, прилегающей к плотине. Следует учитывать следующие физико-географические факторы:

1. В течение года в Ростовской области господствуют ветры восточных румбов, направленные в сторону Цимлянского водохранилища.

2. При аварийных выбросах радиоактивных газов и аэрозолей необходим отбор проб у плотины водохранилища по учащенной сетке станций.

3. При выпадении загрязнителей из атмосферы на акваторию их перенос будет направлен по течению к плотине водохранилища и к Центральной котловине Азовского моря.

4. Учитывая высокую скорость седиментации в понижениях дна, необходим отбор поверхностных отложений и кернов донного осадка до 2 м с их последующим послойным анализом. Подобная практика применяется в Енисейской и Обской губах, а также в губах Кольского залива [2, 3, 13].

Все вышеизложенное приводит к следующим выводам. Наблюдаемые в последние 50 лет концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr являются низкими и не представляют опасности для экосистемы южных водоемов.

Со времени запрета (1963 г.) испытаний в атмосфере и аварийных выбросов Чернобыльской АЭС (1986 г.) уровень радиационного загрязнения среды северных и южных морей России заметно снижался до начала 2000-х годов (рис. 2). Стабилизация радиационного фона в морских бассейнах регионов ЕТР происходит, во многом за счет устойчиво сохраняющихся атмосферных выпадений радионуклидов. Можно предположить, что в XXI в. глобальный радиационный фон в атмосфере поддерживается, в том числе, постоянными поступлениями радионуклидов с газоаэрозольными выбросами атомных станций и других ядерных объектов. Роль указанного источника радиации требует изучения в условиях роста интереса к развитию ядерной энергетики.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Публикация подготовлена в рамках реализации Государственного задания ЮНЦ РАН и гранта РФФИ

№ 19-05-50099, а также в рамках Государственного задания ММБИ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Израэль Ю.А.* Антропогенная экология океана. Москва: Гидрометеиздат. 1989. 527 с.
2. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Шипа Е., Риссанен К.* Радионуклиды в экосистеме региона Баренцева и Карского морей. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1994. 237 с.
3. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г.* Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. 417 с.
4. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Подобедов В.В., Шипа Е., Солецкий Я., Януш В.* Радионуклиды на Кольском полуострове, Новой Земле, Земле Франца Иосифа и в Баренцевом море. Препр. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1992. 67 с.
5. *Бубликова И.А., Березина Е.А., Хандурина Е.С.* Анализ влияния ростовской АЭС на содержание ^{137}Cs в природных объектах тридцатикилометровой зоны // Глобальная ядерная безопасность. 2014. № 3 (12). С. 5–10.
6. *Коновалов А.В., Коновалов М.А.* Исследование экологической безопасности Ростовской АЭС по выбросам в атмосферный воздух // Труды РГУПС. 2020. 2. С. 50–52.
7. *Matishov G.G., Ilyin G.V., Usyagina I.S.* Main Sources of ^{134}Cs in the Barents and Kara Seas (1960–2020) // *Doklady Earth Sciences*. 2021. № 500 (1). P. 761–765. <https://doi.org/10.1134/S1028334X21090142>
8. *Никитин А.И., Катрич И.Ю., Кабанов А.И., Чумичев В.Б., Смагин В.М.* Радиоактивное загрязнение Северного Ледовитого океана по результатам наблюдений в 1985–1987 гг. // Атомная энергия. 1991. № 71 (2). С. 169–172.
9. *Исамов Н.Н., Санжарова Н.И., Нуштаева В.Э., Панов А.В., Кузнецов В.К., Губарева О.С., Алешкина Е.Н., Гешель И.В., Сидорова Е.В., Емлютина Е.С., Фадеев М.Ю., Музалевская И.А., Урсу Н.В.* Радиационно-экологический мониторинг в зоне размещения Ростовской АЭС // Мониторинг природных и аграрных экосистем в районах расположения атомных электростанций. Обнинск: Труды ФГБНУ ВНИИРА. 2020. Вып. 3. С. 134–158 с.
10. *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.
11. *Kautsky N.* Distribution and Content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Water of the North Sea During the Years 1982 to 1984 // *Deutsche Hydrografische Zeitschrift*. 1986. № 39. P. 139–159.
12. *Rissanen K., Matishov G., Matishov D.* Radioactivity Level in Barents, Petshora, Kara, Laptev and White Seas. In: *Environmental Radioactivity in the Arctic*. P. Strand, A. Cooke (Ed.). Rovaniemi, Finland // *Rundels: Finnish Center for Radiation and Nuclear Safety*: 1995. P. 208–214.
13. *Бессонов О.А., Давыдов М.Г., Марескин С.А., Малаева Т.Ю., Страдомская Е.А.* Содержание радионуклидов в донных отложениях Цимлянского водохранилища // Атомная энергия. 1994. № 77 (1). С. 48–51.
14. *Рябинин А.И., Белявская В.Б., Долотова И.С.* Техногенные радионуклиды и стронций в Азовском море в 1987–1988 гг. // Труды государственного океанографического института. 1992. № 205. С. 96–105.
15. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году: ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2019. 324 с.

INFLUENCE OF GAS AEROSOL EMISSIONS OF THE ROSTOV NPP ON THE RADIATION BACKGROUND OF SOUTHERN WATERS

Academician of the RAS **G. G. Matishov^{a,b,#}, V. V. Polshin^a, G. V. Ilyin^b, and I. S. Usyagina^b**

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

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

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

The possible influence of emissions of radioactive gas aerosols from the Rostov NPP on the formation of a general radioecological background in the southern region of Russia, in the waters of the Azov, Caspian Seas, and the Tsimlyansk reservoir is analyzed. The materials of publications and long-term data of the expedition radioecological observations of the MMBI and the UNC in the Azov-Don basin are systematized. An idea is given about the general patterns of sedimentation of artificial radionuclides in the reservoirs of the region. It is assumed that after the international ban on nuclear weapons tests in three environments (1963) and the cessation of emissions from the Chernobyl NPP, a relatively stable level of concentration of man-made radionuclides in the southern marine and freshwater basins is maintained, inter alia, by constant atmospheric precipitation, including precipitation of aerosol gas emissions from the Rostov NPP. Recommendations for conducting radioecological monitoring in the reservoirs of the region are given.

Keywords: inert radioactive gases, water environment, bottom sediments, short-lived radioisotopes, gas aerosols, monitoring