

Радиационная экологическая океанология

Г.Г.Матишов, О.В.Степаньян

Южный научный центр РАН (Ростов-на-Дону, Россия)

Радиационную экологическую океанологию как научное направление в изучении Мирового океана основал член-корреспондент РАН Д.Г. Матишов. В статье рассказывается о становлении этого направления в 1990–2000-х годах и представлены основные результаты, полученные за 20 лет. Показано, что в настоящее время в воде и донных отложениях европейских морей России содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr невелико, однако в морской биоте (рыбах, птицах, млекопитающих) возможны локальные превышения уровня радионуклидов над фоновыми значениями морской среды.

Ключевые слова: радиационная экологическая океанология, радионуклиды, Баренцево море, Азовское море, радиоактивное загрязнение.

Посвящается памяти
член-корреспондента РАН Д.Г.Матишова

Радиационная экологическая океанология — одно из самых новых научных направлений. Оно возникло всего около 20 лет назад на стыке океанографии, радиационной биологии, экологии, морской биологии, гидробиологии и геоэкологии. В то время было необходимо знать, каков на самом деле вклад нашей страны и ряда западных государств в радиоактивное загрязнение Северной Атлантики. Кроме того, требовалась объективная картина загрязнения после трагических аварий советских и российских атомных субмарин «Комсомолец» и «Курск». Расскажем об истории появления радиационной экологической океанологии и представим основные результаты, полученные учеными за последние годы.

Основателем этого направления стал член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадьевич Матишов (1966–2015)*. Он собрал коллектив ученых из



Геннадий Григорьевич Матишов, академик, председатель Южного научного центра РАН (Ростов-на-Дону). Область научных интересов — полярная океанология, экология моря, геоморфология и палеогеография океана, радиэкология Арктики.
e-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru



Олег Владимирович Степаньян, кандидат биологических наук, заведующий отделом изучения экстремальных природных явлений и техногенных катастроф того же научного центра. Занимается исследованием донной растительности южных морей России.
e-mail: step@ssc-ras.ru

Мурманского морского биологического института Кольского научного центра (ММБИ КНЦ) РАН, Южного научного центра РАН и ряда других науч-

* Дмитрий Геннадьевич Матишов прожил короткую, но яркую жизнь. Он родился в Ростове-на-Дону, в академической семье, но большую часть жизни провел в Мурманске. Организовал Азовский филиал Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН в Ростове, в течение семи лет возглавлял Институт аридных зон Южного научного центра РАН. Основал и возглавил кафедру океанологии в Ростовском государственном университете (ныне Южный федеральный университет), руководил отделом гидрохимии и радиоэкологии ММБИ КНЦ РАН. Входил в резерв управленческих кадров Президента РФ. Награжден золотой медалью Президиума РАН. В 2006 г. за особый вклад в науку награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.



Первая экспедиция Мурманского морского биологического института на Новую Землю. Август 1990 г.

Здесь и далее фото из архива Г.Г.Матишова



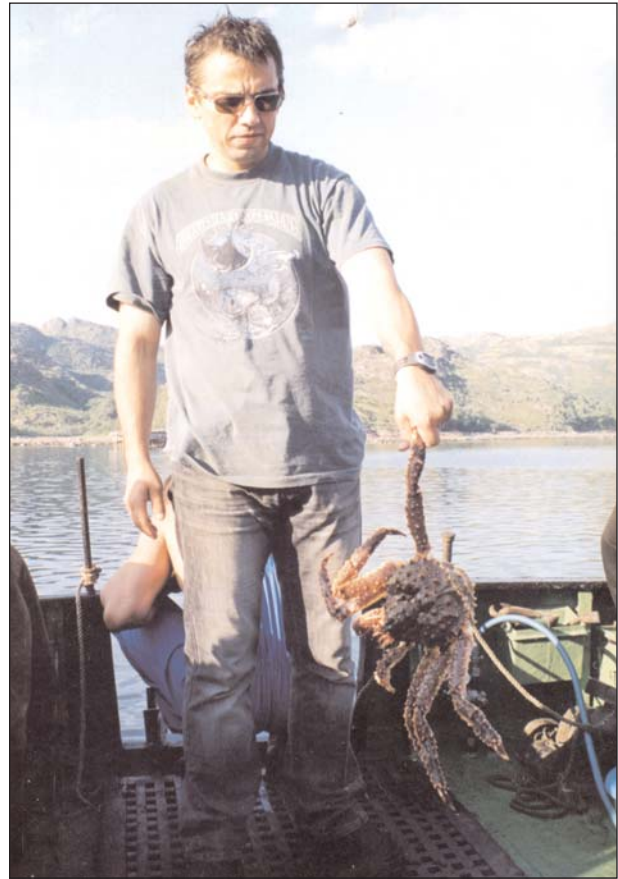
У главного входа в здание Мурманского морского биологического института в пос. Дальние Зеленцы.

ных организаций. Многие специалисты под руководством Матишова увлеченно подключились к разработке новой тематики. Целая плеяда учеников и единомышленников сплотилась в уникальную научную школу, которая успешно работает и в настоящее время.

Интерес к океанологии и радиоэкологии появился у Дмитрия Геннадьевича очень рано, еще во время учебы в Ленинградском государственном университете, во время стажировок в ведущих океанологических лабораториях Европы (в Польше, Германии, Норвегии, Финляндии). Именно во время этих стажировок Матишов познакомился с передовыми исследованиями в области радиоэкологии и встретился с выдающимися западными учеными, которые проводили радиологические исследования не только в Арктическом регионе, но и по всему Мировому океану. В 1994 г. в Санкт-Петербургском государственном университете Матишов защитил кандидатскую диссертацию «Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря», где обозначил основные тезисы нового научного направления. Однако ему потребовалось еще несколько лет, чтобы самому собрать в морских экспедициях материал и обобщить разрозненные данные. Только после этого контуры нового направления стали осязаемы.

Долгие годы в нашей стране радиоэкологические данные (тем более их морская часть) носили гриф «совершенно секретно», так как касались военных разработок ядерного оружия и ядерных испытаний в Баренцевом и Карском морях, на полигонах Новой Земли. Определенная (но все еще дозированной) открытость для ученых появилась только во времена перестройки, после трагической чернобыльской катастрофы в апреле 1986 г. Отметим, что эта трагедия породила массу слухов и дезинформации, причем как среди населения, так и в научном мире. Было неясно, каков на самом деле масштаб загрязнения окружающей среды и как действие радионуклидов отразится на человеке и природе. Одними из первых предавать гласности и вводить в научный оборот новые данные по уровню загрязнения северных и южных морей России стали Д.Г.Матишов и автор этой статьи академик Г.Г.Матишов. Это позволило в определенной степени снизить обеспокоенность мировой общественности и уменьшить международный «нажим» на руководство нашей страны в 1990-х и в начале 2000-х годов [1–5].

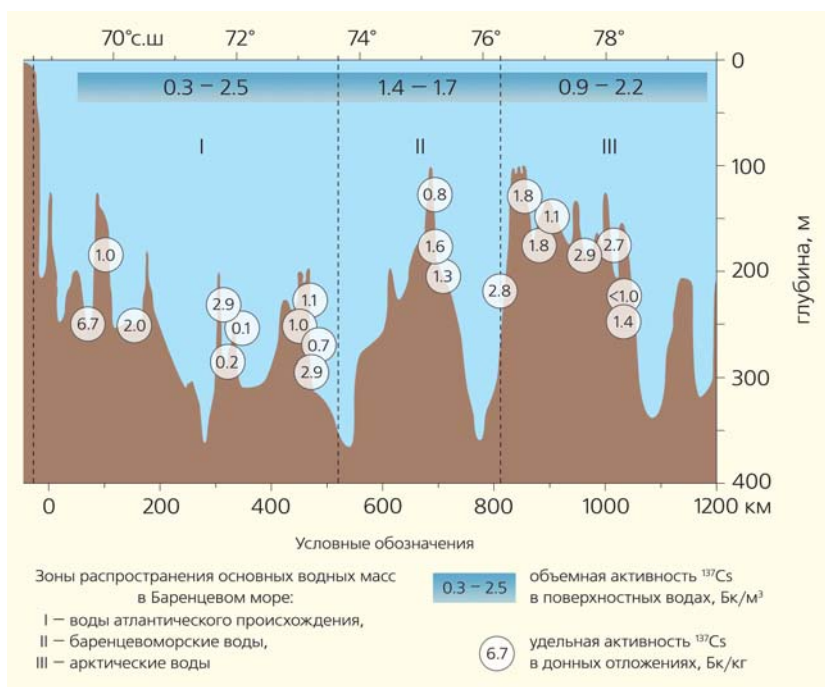
Первые работы были посвящены определению уровней загрязнения цезием и стронцием морской воды и донных отложений в различных районах Баренцева, Карского и Северного морей. Оказа-



Д.Г.Матишов в Кольском заливе во время отбора биологических проб для радиоэкологических исследований.

лось, что наибольшие концентрации радионуклидов приурочены к местам испытаний атомного оружия, базам атомного военного флота, а также к западной границе Баренцева моря [1–5]. Другой вектор исследования был связан с определением радиоактивных элементов в биоте. Ранее российские и зарубежные исследователи основное внимание уделяли только высшим звеньям арктической экосистемы (рыбам, птицам, морским млекопитающим), а специалисты под руководством Дмитрия Геннадьевича первыми стали изучать особенности накопления радиоэлементов в первичном и вторичном звеньях — в бентосе, планктоне и мелких промысловых рыбах. В конечном итоге эти результаты увязывались с данными по загрязнению в высших организмах [1–8]. Именно такой подход позволил снять большинство вопросов, связанных с накоплением радиоактивных элементов и переносом их по арктическим пищевым цепям, ранее казавшихся неясными и туманными.

Опыт, полученный на севере, оказался применим и для южных морей России. В фокус исследований попало Азовское море, сходное с Коль-



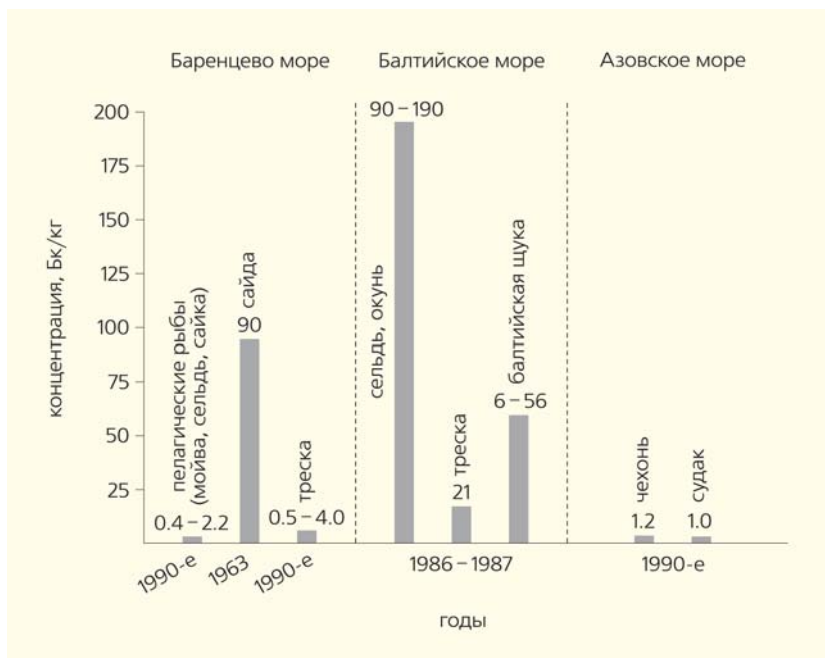
Распределение ¹³⁷Cs в воде и донных отложениях Баренцева моря вдоль известного океанографического разреза «Кольский меридиан» (33°30' в.д.) в 2010–2013 гг. [15].

ским заливом по организации эстуарной экосистемы [10–12], но обойденное вниманием специалистов со времен чернобыльской катастрофы. В конце 1980-х и начале 1990-х годов радиоэкологические исследования проводились также в северо-западной части Черного моря — в своеобразной эстуарии

Особенно впечатляюще учения выглядели ночью, когда проводились стрельбы. Дорожки от трассирующих снарядов и сигнальных ракет уходили вдаль за горизонт. А наутро стало известно о гибели подлодки. Эта новость потрясла всех жителей поселка и военных, которые там базировались. Плакали

и женщины, и даже взрослые мужчины. Такое общее горе объединяло людей, наверно, только во времена Великой Отечественной войны... Поначалу верилось, что хотя бы часть экипажа получится спасти. Но чуда не произошло. Траур в Мурманске и Североморске продолжался фактически до тех пор, пока на поверхность не подняли части подводной лодки и погибшую команду не предали земле.

Для определения экологических последствий этой страшной аварии Дмитрий Геннадьевич оперативно организовал экспедицию, и уже в сентябре 2000 г. научно-исследовательское судно «Дальние Зеленцы» отправилось к месту катастрофы. На тот момент было еще не ясно, есть ли утечка топлива из реакторов



Концентрация ¹³⁷Cs в промысловых рыбах в 1960–1990-е годы [15].

крупнейших рек Европы — Днепра и Дуная [13].

Двадцать лет назад, 12 августа 2000 г., случилась трагедия, потрясая всю Россию. Во время проведения военных учений в Баренцевом море потерпел аварию и затонул российский атомный подводный ракетно-носный крейсер «Курск». Никого из 118 членов экипажа не удалось спасти. По количеству погибших моряков эта катастрофа стала крупнейшей в современной истории российского подводного флота. Автор этой статьи О.В. Степаньян находился в то время на побережье Баренцева моря, в пос. Дальние Зеленцы. Днем накануне аварии на горизонте были хорошо видны десятки кораблей, включая флагманов Северного флота — тяжелый авианесущий крейсер «Адмирал Кузнецов» и атомный крейсер «Петр Великий».

и какие уровни радиоактивного заражения будут установлены на морской поверхности. Участники экспедиции провели измерения радиоактивности в пробах воды, донных отложений и биоты. Баренцево море считается одним из самых продуктивных рыболовных районов в мире, поэтому очень важно было оценить, произошла ли утечка радиоактивного топлива, и если да, то как она повлияла на морскую экосистему. К счастью, уровень радиоактивности в поверхностных донных отложениях и в биоте не превысил значений, ранее измеренных в Баренцевом море. Исследователи установили, что

источниками радиоактивного загрязнения в этом районе служат глобальные поступления с морскими течениями от прибрежных установок по переработке ядерного топлива в Великобритании, а также «след» чернобыльской аварии. На момент отбора проб существенных утечек из атомной субмарины «Курск» выявлено не было. Именно эти данные и выводы, полученные в экспедиции Матишова, позволили военным не проводить консервацию подлодки и уже летом следующего года приступить к ее подъему.

Все эти работы как в северных, так и в южных морях позволили сформировать обширную базу данных по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской среде и биоте [14]. Исследователи визуализировали «скучные» цифровые данные базы с помощью ГИС-методов и атласных технологий, а также построили многочисленные карты и математические модели, позволяющие понять пространственное распределение радиоэлементов [15].

Использование инновационных для того времени технологий пробоотбора и лабораторной обработки проб, измерение радиоактивности, накопление в базах данных и визуализация полученного материала позволили Дмитрию Геннадьевичу и его коллективу проследить ранее не отмечавшиеся явления и закономерности в миграции радионуклидов по пищевым цепям в системах «вода — донные отложения» и «вода — лед» [14]. Вместе с коллегами Матишов разработал нетривиальные математические модели для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря [15].

Итогом этой кропотливой многолетней работы стало издание двух крупных трудов. В 2002 г. за книгу «Радиационная экологическая океаноло-



В командировке в Норвегии.

гия» [14] Матишов был награжден золотой медалью Президиума РАН, а англоязычная монография «Radioecology in Northern European Seas» [9], опубликованная в 2003 г. в ведущем научном издательстве «Springer», стала признанием весомого вклада российских ученых в данную область науки.

В 2001 г. Дмитрий Геннадьевич защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук «Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах», а еще через два года он был избран в состав Российской академии наук, став при этом одним из самых молодых членов-корреспондентов в ее истории (по Отделению наук о Земле).



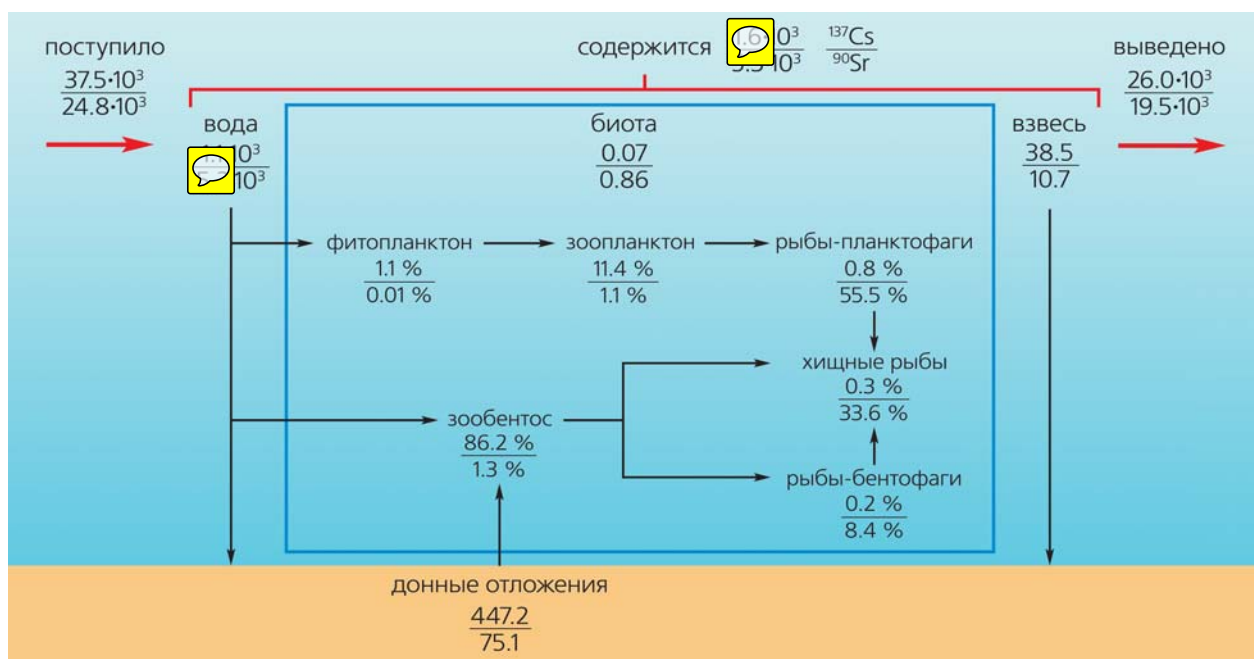
Экспедиционные работы в Азовском море. Июль 2003 г.

Концепция, разработанная Матишовым, продолжает совершенствоваться. Например, недавно был проведен сравнительный анализ многолетней динамики содержания и спектра техногенных радионуклидов в донных отложениях арктического шельфа [16]. По архивным и современным данным оценено радиоактивное загрязнение губ и заливов арктических морей, показан низкий современный уровень удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностном слое донных отложений. Максимальное накопление изотопов установлено в глубоководных частях желобов, где в составе осадков преобладает глинистая фракция. В 2012–2018 гг. радиоактивность осадков в прибрежье Баренцева моря была выше, чем в открытых районах, где региональные отличия несущественны. Наиболее заражены расположенные близко к источникам загрязнения заливы Кольский (губа Пала, район ФГУП «Атомфлот») и Мотовский (губы Западная Лица, Андреева) в Баренцевом море и Енисейский залив в Карском море. В губах южной части Баренцева моря концентрация ^{137}Cs составляет 1.5–3.0 Бк/кг, а ^{90}Sr — 0.6–1.9 Бк/кг. В ледовитых фьордах Шпицбергена, где наблюдается разгрузка талых ледниковых вод и нередко сходят айсберги, содержание ^{137}Cs возрастает до 3.0–6.5 Бк/кг, а ^{90}Sr — до 2.6–3.0 Бк/кг.

Ученым удалось доказать, что перенос атмосферных радионуклидов, накопленных многолетним морским льдом в «ядерную» эпоху, может быть вторичным источником загрязнения моря. Значи-

тельное снижение уровня радиационной загрязненности донных отложений в Баренцево-Карском регионе в XXI в. и сглаживание пространственных градиентов концентрации техногенных радионуклидов не отменяют необходимости в современных исследованиях. Сегодня мы наблюдаем, что интерес к освоению арктических экосистем неизменно растет, а факторы и источники загрязнения меняются.

В арктической морской воде основу спектра техногенных радионуклидов составляют изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr [17]. Рассмотрим, как формируется фон этих радионуклидов в Баренцево-Карском регионе. Исследования, проведенные в 2017–2018 гг., показали, что в свободных от инфраструктуры атомного флота губах Мурманского побережья (Ивановской, Териберской, Зеленецкой, Ярнышной, Порчнихе), а также в Кольском заливе (в губах Тоне и Белокаменной, в районах мысов Ретинского, Мишуково и Абрам) концентрации ^{137}Cs соответствовали уровню загрязненности вод прибрежного течения Баренцева моря и варьировали от 1.3 до 2.5 Бк/м³. В восточной части Баренцева моря, в районе Центральной впадины, Западно-Новоземельского, Гусино, Новоземельского желобов и Северо-Восточного плато содержание ^{137}Cs в воде не превышало 1–2 Бк/м³. Концентрация ^{90}Sr в водах Баренцева моря составляла 0.4–3.7 Бк/м³. В Карском море наиболее загрязнены цезием и стронцием поверхностные воды прибрежной зоны южной и юго-западной частей, а в северной части загрязнение существенно ниже.



Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr (ТБк) в основных компонентах баренцевоморской экосистемы в начале 2000-х годов [15].

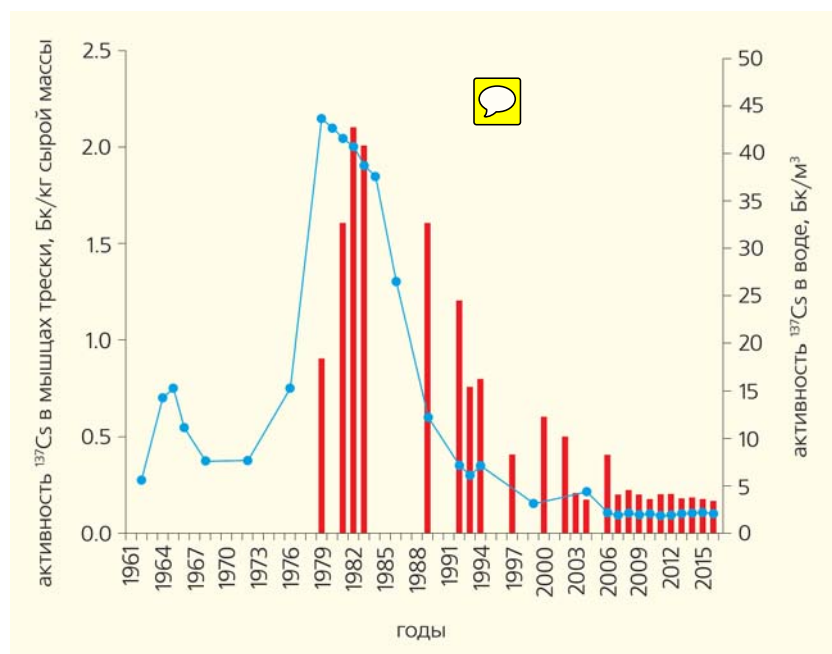


С представителями штаба Северного флота. Исследования морских радионуклидов ведутся в тесном сотрудничестве с российскими военными моряками.

Что касается рыб, водорослей-макрофитов и донных беспозвоночных Баренцева моря, то их загрязнение сегодня невелико. Концентрации техногенных изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr , начиная с периода максимального загрязнения в 1960-е и 1970-е годы, стабильно снижаются [17].

В 2017 г. нам удалось осуществить давнюю мечту Дмитрия Геннадьевича: организовать радиоэкологические исследования в районе Северного полюса [18]. В эту высокоширотную экспедицию отправилась группа ученых на ледоколе «50 лет Победы»*. Было выявлено, что современ-

* Подробнее см.: Матишов Г.Г. К Северному полюсу на атомном ледоколе «50 лет Победы» // Природа. 2018. №11. С.54–59.



Содержание ^{137}Cs в треске и морской воде Баренцева моря [15].

ная радиационная обстановка (по данным за 2013–2017 гг.) в Центральном полярном бассейне и в российских морях Северного Ледовитого океана в целом благополучна и отражает общее снижение влияния приоритетных ранее источников [19]. Установлены статистически значимые различия средней объемной активности ^{137}Cs в поверхностном слое вод. Оказалось, что загрязненность морской среды уменьшается в направлении с запада на восток. Максимальные концентрации ^{137}Cs характерны для Баренцева моря, в бассейне которого в XX в. разгружались трансграничные поступления западноевропейских радиохимических предприятий, а также проводились надводные и подводные ядерные взрывы, сбросы и захоронения ядерных отходов. Повышенный уровень загрязнения ^{137}Cs Карского моря сформировался преимущественно в результате поступления с речным стоком радиоактивных отходов с заводов Сибири. Меньше всего загрязнены воды морей Лаптевых и Восточно-Сибирского — наиболее удаленных от европейских источников техногенных радионуклидов [19].

В ММБИ КНЦ РАН продолжают работы по радиоэкологическим исследованиям птиц Баренцева и Азовского морей. Например, были определены различия в накоплении цезия в организмах барен-

цевоморских птиц разных видов в зависимости от их экологических особенностей [20]. Наибольшие концентрации ^{137}Cs (10.5–17.3 Бк/кг сырой массы) в печени обнаружены у чаек, за исключением бургомистров. Содержание радиоцезия в птицах других видов было невысоким — 3.0–5.3 Бк/кг сырой массы. Сопоставление данных по аккумуляции инкорпорированного в печени птиц ^{137}Cs с результатами изучения содержимого их желудков показало, что концентрация ^{137}Cs у птиц, питающихся в море, ниже, чем у тех, которые кормятся на суше [20]. Изучение птиц Азовского моря показало, что уровни удельной активности радиоактивных элементов ^{137}Cs и ^{90}Sr в костях и мышцах хохотуны (*Larus cachinnans*) и большого баклана (*Phalacrocorax carbo sinensis*) были низкими и не отличались от ранее измеренных показателей. Следовательно, радиоактивное загрязнение местообитаний и кормовых объектов рыбоядных птиц восточной части Приазовья может считаться незначительным [21].

Дмитрия Геннадьевича уже пять лет нет с нами. Но остались ученики, научное направление и научная школа. Работы по радиационной экологической океанологии продолжают — как на севере, так и на юге нашей страны. Это наша дань памяти выдающемуся ученому, чье видение проблем науки во многом опередило свое время. ■

Исследование выполнено в рамках государственного задания №АААА-А18-118122790121-5.

Литература / References

1. Smith J., Ellis K., Matishov G. et al. Radioactivity levels in Barents Sea sediments off Novaya Zemlya. Proceedings of International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic. Kirkenes, 1993; 37–43.
2. Matishov D., Szczypta E. Gamma emitters in the Barents Sea area. Proceedings of XX Polar Symposium. Lublin, 1993; 211–228.
3. Matishov G., Matishov D., Rissanen K. Peculiarities of radionuclide accumulation in benthic and fish of Barents and Kara Seas. Proceedings of International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic. Oslo, 1995.
4. Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A. et al. Discharges of nuclear waste into the Kola Bay and its impact on human radiological doses. Journal of Environmental Radioactivity. 2000; 48: 5–21. DOI:10.1016/S0265-931X(99)00049-1.
5. Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A. et al. Radioactivity near the sunken submarine “Kursk” in the Southern Barents Sea. Environmental science and technology. 2002; 36(9): 1919–1922. DOI:10.1021/es0112487.
6. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Риссанен К. Радиоактивное загрязнение Кольского залива Баренцева моря. Доклады Академии наук. 1996; 351(4): 571–573. [Matishov D.G., Matishov G.G., Rissanen K. Radioactive contamination of the Kola Bay (Barents Sea). Doklady Earth Sciences. 1996; 351(4): 571–573. (In Russ.)]
7. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Новые данные о радиоактивном загрязнении Черной губы (Новая Земля). Доклады Академии наук. 2002; 383(5): 14–16. [Matishov D.G., Matishov G.G. New data on radioactive contamination of the Chernaya guba (Novaya Zemlya). Doklady Earth Sciences. 2002; 383(5): 14–16. (In Russ.)]
8. Матишов Д.Г., Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Павельская Е.В. Особенности накопления искусственных радионуклидов в элементах прибрежных экосистем Кольского полуострова. Доклады Академии наук. 2007; 413(5): 683–686. [Matishov D.G., Usyagina I.S., Kasatkina N.E., Pavelskaya E.V. Accumulation peculiarities of artificial radionuclides in the elements of coastal ecosystems on the Kola Peninsula. Doklady Earth Sciences. 2007; 413(5): 683–686. DOI:10.1134/S1028334X07030294.]
9. Matishov D.G., Matishov G.G. Radioecology in Northern European Seas. Berlin, 2004.
10. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Антропогенные радионуклиды в донных отложениях Азовского моря. Доклады Академии наук. 1998; 363(5): 673–677. [Matishov D.G., Matishov G.G. Anthropogenic radionuclides in bottom sediments of the Sea of Azov. Doklady Earth Sciences. 1998; 363A(9): 1283–1287.]

11. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Лебедева Н.В. Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева и Азовского морей. Доклады Академии наук. 2003; 389(3): 424–426. [Matishov D.G., Matishov G.G., Lebedeva N.V. Content of artificial radionuclides in birds of the Barents and Azov seas. Doklady Earth Sciences. 2003; 389(3): 424–426. (In Russ.)]
12. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С. Динамика радиоактивного загрязнения донных отложений Баренцева, Белого и Азовского морей. Доклады Академии наук. 2004; 396(3): 394–396. [Matishov D.G., Matishov G.G., Kasatkina N.E., Usyagina I.S. Dynamics of the radioactive pollution of bottom sediments of the Barents, White, and Azov seas. Doklady Earth Sciences. 2004; 396(4): 560–562.]
13. Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. Морская динамическая радиохимическая экология. М., 1986. [Polikarpov G.G., Egorov V.N. Marine Dynamic Radiochemoecology. Moscow, 1986. (In Russ.)]
14. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты, 2001. [Matishov D.G., Matishov G.G. Radiation ecological Oceanology. Apatity, 2001. (In Russ.)]
15. Матишов Д.Г., Бердников С.В., Касаткина Н.Е. Опыт применения математических моделей для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря. Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. М., 2005; 184–197. [Matishov D.G., Berdnikov S.V., Kasatkina N.E. Experience in applying mathematical models for estimating artificial radionuclide flows in the Azov sea ecosystem. Modern Information and Biological Technologies in the Development of Resources of the Shelf Seas. Moscow, 2005; 184–197. (In Russ.)]
16. 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. Ч.2. Донные отложения. Наука Юга России. 2019; 15(4): 24–25. [Matishov G.G., Ilyin G.V., Usyagina I.S., Kirillova E.E. Dynamics of artificial radionuclides in the ecosystems of the Arctic ocean seas at the turn of XX–XXI centuries. Part 2. Bottom sediments. Science in the South of Russia. 2019; 15(4): 24–25. (In Russ.)]
17. 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. Ч.1. Морская вода и биота. Наука Юга России. 2019; 15(3): 12–23. [Matishov G.G., Ilyin G.V., Usyagina I.S., Kirillova E.E. Dynamics of artificial radionuclides in the ecosystems of the Arctic ocean seas at the turn of XX–XXI centuries. Part 1. Sea water and biota. Science in the South of Russia. 2019; 15(3): 12–23. (In Russ.)]
18. Матишов Г.Г., Клещанков А.В., Кириллова Е.Э. Результаты экспедиции на Северный полюс на ледоколе «50 лет Победы». Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019; 5: 131–140. [Matishov G.G., Kleshchenkov A.V., Kirillova E.E. Results of the expedition to the North pole on the icebreaker “50 let Pobedy”. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya. 2019; 5: 131–140. (In Russ.)]
19. Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С. Техногенная радиоактивность вод центрального полярного бассейна и смежных акваторий Арктики. Доклады Академии наук. 2019. 485(1): 93–98. [Matishov G.G., Kasatkina N.E. Usyagina I.S. Technogenic Radioactivity of Waters in the Central Arctic Basin and Adjacent Water Areas. Doklady Earth Sciences. 2019. 485(1): 288–292. DOI:10.1134/S1028334X19030073.]
20. Усягина И.С., Куклин В.В., Куклина М.М. Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева моря и их влияние на организм. Наука Юга России. 2019; 15(2): 59–69. [Usyagina I.S., Kuklin V.V., Kuklina M.M. The content of artificial radionuclides in birds of the Barents sea and their effect on the body. Science in the South of Russia. 2019; 15(2): 59–69. (In Russ.)]
21. Куклин В.В., Куклина М.М., Усягина И.С., Матишов Д.Г. Особенности физиолого-биохимического ответа рыбоядных птиц на паразитарное заражение и загрязнение местообитаний в Восточном Приазовье. Наука Юга России. 2016; 12(1): 51–60. [Kuklin V.V., Kuklina M.M., Usyagina I.S., Matishov D.G. Features of the physiological and biochemical response of fish-eating birds to parasitic infection and pollution of habitats in the Eastern Azov region. Science in the South of Russia. 2016; 12(1): 51–60. (In Russ.)]

Radiation Environmental Oceanology

G.G. Matishov, O.V. Stepanyan
Southern Scientific Center of RAS (Rostov-on-Don, Russia)

Radiation environmental oceanology as a scientific direction in the study of the World Ocean was founded by corresponding member of the Russian Academy of Sciences Dmitry Matishov. The article presents the way of formation of the scientific direction in the 1990–2000's and the main achievements obtained over 20 years. It is shown that currently the European seas of Russia (sea water, bottom sediments) are characterized by low levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr , but in marine biota (fish, birds, mammals) local excess of the level of radionuclides over the background values of the marine environment is possible.

Keywords: radiation environmental oceanology, radionuclides, Barents Sea, Sea of Azov, radioactive contamination.