**ВКЛАД ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН ДМИТРИЯ ГЕННАДЬЕВИЧА МАТИШОВА В ИЗУЧЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА**

Г. Г. Матишов, О. В. Степаньян

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр

Южный научный центр Российской академии наук»

344006 Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41

E-mail: matishov\_ssc-ras@ssc-ras.ru, step@ssc-ras.ru

Памяти член-корреспондента РАН

Д.Г. Матишова посвящается

Член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадьевич Матишов прожил короткую, но яркую жизнь. Д.Г. Матишов родился в академической семье в 1966 г. в Ростове-на-Дону, но большую часть жизни прожил в Мурманске. Затем снова Ростов, организация Азовского филиала ММБИ КНЦ РАН, чуть позже Южного научного центра РАН и Института аридных зон ЮНЦ РАН, директором которого он был 7 лет. Одновременно Д.Г. Матишовым создана кафедра океанологии в Ростовском государственном университете (ныне Южный Федеральный университет), на тот момент это была третья кафедра океанологии в России после МГУ и СПбГУ. Одновременно Д.Г. Матишов продолжил руководить Отделом гидрохимии и радиоэкологии ММБИ КНЦ РАН.

Научные заслуги и достижения признаны на государственном уровне. Д.Г. Матишов входил в первый резерв управленческих кадров Президента РФ, многие выходцы из которого составили основу вновь сформированного Правительства РФ в 2020 г. За разработку нового научного направления Д.Г. Матишов был награжден золотой медалью Президиума РАН. В 2006 г. Д.Г. Матишов за особый вклад и заслуги в области науки отмечен медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени.

Член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадьевич Матишов является основателем нового научного направления – радиационной экологической океанологии. Научного направления, появившегося более 20 лет назад, когда нужно было дать четкий ответ о вкладе СССР и ряда западных стран в радиоактивное загрязнение Северной Атлантики. Представить объективную картину влияния радиоактивного загрязнения после трагических аварий советских и российских атомных субмарин («Комсомолец», «Курск»). Вся жизнь Д.Г. Матишова посвящена служению географической науке и ее «царице» – океанологии.

Д.Г. Матишов смог сплотить коллектив ученых Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, Южного научного центра РАН, ряда других научных организаций, увлеченно подключившись к разработке новой тематики. Ему удалось воспитать целую плеяду учеников, многие из которых защитили диссертации, и создать собственную научную школу, которая успешно работает и в настоящее время.

Радиационная экологическая океанология – это современное научное направление в океанологии, вобравшее все лучшее от таких наук, как океанография, радиационная биология, экология, морская биология, гидробиология, геоэкология. Хотелось бы кратко осветить историю появления этого научного направления и показать основные достижения, которые были достигнуты за последние годы.

Интерес к океанологии, радиоэкологии, работе в море у Д.Г. Матишова появился очень рано, еще во время учебы в Ленинградском государственном университете, во время стажировок в ведущих океанологических лабораториях Европы – в Польше, Германии, Финляндии, Норвегии. Именно во время этих стажировок Д.Г. Матишов познакомился с передовыми исследования в области радиоэкологии и 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 Дмитрий Геннадьевич защитил кандидатскую диссертацию «Радионуклиды и биоокеанологические явления в экосистеме Баренцева моря», где обозначил основные тезисы нового научного направления. Однако потребовалось еще несколько лет, чтобы самому лично собрать в морских экспедициях материал, обобщить разрозненные данные и только после этого контуры нового научного направления стали вполне осязаемы. Тема радиоэкологии, а тем более в ее морской части, в СССР носила гриф «совершенно секретно», т.к. затрагивала военные разработки ядерного оружия, в том числе ядерные испытания в Баренцевом и Карском морях, на полигонах Новой Земли. Определенная (но все еще дозированная) открытость для ученых по этой тематике появилась только во времена перестройки и после трагической Чернобыльской катастрофы в апреле 1986 г. Отметим, что катастрофа в Чернобыле породила массу слухов, дезинформации как среди населения, так и в научном мире по поводу уровней загрязнения окружающей среды, действием радионуклидов на Человека и природную среду. Автор этой статьи академик Г.Г. Матишов и Д.Г. Матишов были одними из первых, кто стал предавать гласности и вводить в научный оборот новые данные по уровню загрязнения северных и южных морей России, что позволило в определенной степени снизить обеспокоенность мировой общественности этим вопросом и уменьшить международный «нажим» на руководство страны в 1990-х начале 2000-х гг. [1–8].

Первые работы были направлены на определение уровней загрязнения цезием и стронцием морской воды и донных отложений в различных районах Баренцева, Карского и Северном морей. Было выявлено, что наибольшие концентрации радионуклидов приурочены к местам испытаний атомного оружия, базам атомного военного флота, а также к западной границе Баренцева моря [1–8]. Другой вектор исследования был связан с определением радиоактивных элементов в биоте, и если, ранее российские и зарубежные исследователи основное внимание уделяли только высшем звеньям арктической экосистемы (рыбы, птицы, морские млекопитающие), то группа под руководством Д.Г. Матишова первой обратила внимание на особенности накопления радиоэлементов в первичном и вторичном звене морской экосистемы (бентос, планктон, мелкие непромысловые рыбы), конечно указанные исследования увязывались с исследования уровней загрязнения и в высших звеньях экосистемы [1–11]. Именно такой подход позволил снять большинство вопросов, связанных с переносом и накоплением радиоактивных элементов по арктическим пищевым цепям, ранее казавшиеся неясными и туманными. Опыт, полученный на Севере, был успешно применен на южных морях России, в фокус исследований попало Азовское море, во многом сходное с Кольским заливом (похожая организация эстуарной экосистемы) [12–14], но обойденное вниманием специалистов со времен Чернобыльской катастрофы. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. основные радиоэкологические исследования проводились в северо-западной части Черного моря, которая является своеобразным эстуарием крупнейших рек Европы – Днепра и Дуная [15].

Указанные работы в северных и южных морях позволили сформировать обширную базу данных по содержанию 137Cs и 90Sr в морской среде и биоте [16]. «Скучные» цифровые данные базы были визуализированы с помощью ГИС-методов, и атласных технологий, построены многочисленные карты математические модели, позволяющие понять пространственное распределение радиоэлементов в морской среде и биоте [17].

Использование инновационных для начала XXI века технологий пробоотбора, лабораторной обработки проб, измерение радиоактивности, накопление в базах данных и визуализация полученного материала позволили Д.Г. Матишову и его коллективу выявить ранее не отмечавшиеся явления и закономерности в миграции радионуклидов по пищевым цепям, в системе вода–донные отложения, вода–лед [16]. Д.Г. Матишовым с коллегами были разработаны нетривиальные математические модели для оценки потоков искусственных радионуклидов в экосистеме Азовского моря [17].

Итогом этой кропотливой многолетней работы стало издание двух монографий для российского и зарубежного читателя [16, 18]. За монографию «Радиационная экологическая океанология» в 2002 г. Д.Г. Матишов был награжден золотой медалью Президиума РАН. Англоязычная монография «Radioecology in Northern European Seas» вышла в 2003 г. в ведущем научном издательстве мира «Springer» и стала признанием приоритета российских ученых в данной области науки.

Крупное научное обобщение и разработка нового научного направления позволили Д.Г. Матишову в 2001 г. успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени доктора географических наук «Антропогенные радионуклиды в морских экосистемах» по специальности «геоэкология» в Институте озероведения РАН и уже через два года быть избранным в состав Российской академии наук, став при этом одним из самых молодых член-корреспондентов в истории Академии наук (по Отделению Наук о Земле).

Работы Д.Г. Матишова, его публикации в ведущих российских и зарубежных изданиях, участие с докладами на многочисленных симпозиумах и конгрессах по радиоэкологии, океанологии, вызвали существенный интерес зарубежных коллег. Выход упомянутых монографий навсегда закрепил приоритет российских ученых в этой области Мировой науки.

Концепция, разработанная Д.Г. Матишовым, продолжает совершенствоваться. Например, недавно был проведен сравнительный анализ многолетней динамики содержания и спектра техногенных радионуклидов в донных отложениях арктического шельфа [19]. По архивным и современным данным оценено радиоактивное загрязнение губ и заливов арктических морей, показан низкий современный уровень удельной активности 137Cs и 90Sr в поверхностном слое донных отложений. Максимальное накопление изотопов наблюдалось в глубоководных частях желобов, где в составе осадков преобладает глинистая фракция. Выявлено, что в 2012–2018 гг. радиоактивность осадков прибрежья была выше, чем в открытых районах Баренцева моря, где региональные отличия несущественны. Наиболее загрязнены 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 137Cs содержится в концентрации 1.5–3.0 Бк/кг; 90Sr – 0.6–1.9 Бк/кг. В ледовитых фьордах Шпицбергена, где наблюдается разгрузка талых ледниковых вод и сход айсбергов концентрация 137Cs возрастает до 3.0–6.5 Бк/кг, а 90Sr – 2.6–3.0 Бк/кг. Доказано, что перенос атмосферных радионуклидов, накопленных многолетним морским льдом в «ядерную» эпоху, может являться вторичным источником загрязнения моря. Определено, что значительное снижение уровня радиационной загрязненности донных отложений в Баренцево-Карском регионе в XXI веке и сглаживание пространственных градиентов концентрации техногенных радионуклидов не снимает вопросов современных исследований в связи с изменениями факторов загрязнения и возрастающего интереса к освоению арктических экосистем.

Показано, что основу спектра техногенных радионуклидов в водах арктических морей составляют изотопы 137Cs и 90Sr [20]. Охарактеризованы особенности формирования фона этих радионуклидов в Баренцево-Карском морском регионе. По данным исследований 2017–2018 гг. выявлено, что в свободных от инфраструктуры атомного флота губах Мурманского побережья (Ивановская, Териберская, Зеленецкая, Ярнышная, Порчниха) и Кольского залива (губы Тоня, Белокаменная, районы мысов Ретинский, Мишуково, Абрам) концентрации 137Cs 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, Гусиного, Новоземельского желобов, Северо-Восточного плато содержание 137Cs в воде не превышало 1–2 Бк/м3. Концентрация 90Sr в водах Баренцева моря составляла 0.4–3.7 Бк/м3.В Карском море наиболее загрязнены 137Cs и 90Sr поверхностные воды прибрежной зоны южной и юго-западной частей по сравнению с северной частью. Выявлено, что в современный период характерен низкий уровень загрязнения воды, рыб, водорослей-макрофитов и донных беспозвоночных Баренцева моря. Наблюдается стабильное уменьшение концентраций техногенных изотопов 137Сs и 90Sr по сравнению с периодом максимального загрязнения в 1960-1970-е гг. до минимально возможных в ядерную эпоху [20].

В 2017 г. автору статьи удалось сделать, то о чем мечтал Д.Г. Матишов, провести радиоэкологические исследования в районе Северного полюса [21–22]. Было выявлено, что современная радиационная обстановка в Центральном Полярном бассейне и российских морях Северного Ледовитого океана, оцененная по данным 2013–2017 гг., характеризуется как благополучная и отражает общее снижение влияния приоритетных ранее источников [23]. Выявлены статистически значимые различия средней объемной активности 137Cs в поверхностном слое вод. Отмечена тенденция уменьшения загрязнённости морской среды в направлении с запада на восток. Максимальные концентрации 137Cs характерны для Баренцева моря, в бассейне которого в XX в. разгружались трансграничные поступления западноевропейских радиохимических предприятий, проводили надводные, подводные ядерные взрывы, сбросы и захоронения ядерных отходов. Повышенный уровень загрязнения 137Cs Карского моря сформировался преимущественно в результате поступления с речным стоком радиоактивных отходов с заводов Сибири [23]. Меньше всего загрязнены воды морей Лаптевых, Восточно-Сибирского, наиболее удаленных от европейских источников техногенных радионуклидов [23].

В ММБИ КНЦ РАН продолжаются работы по радиоэкологическим исследованиям птиц Баренцева и Азовского морей. Например, недавно были выявлены различия в накоплении радиоактивного цезия в баренцевоморских птицах разных видов в зависимости от их экологии [24]. Наибольшие концентрации 137Сs (10.5*–*17.3 Бк/кг сырой массы) в печени обнаружены в чайках, 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 137Сs с результатами изучения содержимого их желудков показало, что концентрация 137Cs была низкой у птиц, питающихся в море, в отличие от тех, кто кормиться на суше [24]. Для птиц Азовского моря было выявлено, что уровни удельной активности радиоактивных элементов 137Cs и 90Sr в костях и мышцах хохотуньи *Larus cachinnans* и большого баклана *Phalacrocorax carbo sinensis* были низкими и не отличались от ранее измеренных показателей, что свидетельствует о незначительном радиоактивном загрязнении местообитаний и кормовых объектов рыбоядных птиц Восточного Приазовья [25].

Член-корреспондента РАН Д.Г. Матишова уже пять лет нет с нами. Но остались ученики, научное направление и научная школа. Работы не прекращаясь ни днем, ни ночью, осуществляются как на Севере, так и на Юге нашей страны.

Продолжение работ по радиационной экологической океанологии – это наша дань памяти выдающемуся ученому, видение которого проблем Науки во многом опередило свое время.

Авторы благодарны всему большому коллективу ученых работавших с член-корреспондентом РАН Д.Г. Матишов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Smith J., Ellis K., Matishov G., Matishov D., Ivanov G., Polyak L., Dahle S., Naes K.* Radioactivity levels in Barents Sea Sediments off Novaya Zemlya. Intern. Conf. on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic. Kirkenes, 1993: 37–43.
2. *Matishov D.* Radionuclides in the bottom sediments and biota of the shelf and of Barents Sea coasts. Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity. Kirkines, 1993: 40–53.
3. *Matishov D., Szczypa E.* Gamma emitters in the Barents Sea area. XX Polar Symposium. Lublin, 1993: 211–228.
4. *Matishov D., Rissanen K., Ikäheimonen T.* Pu in fish, algae and sediments in the Barents, Petshora and Kara Seas. Environmental Radioactivity in the Arctic / Ed. P. Strand, A. Cooki. Osteras, 1995: 227–232.
5. *Matishov G., Matishov D., Rissanen K.* Peculiarities of radionuclide accumulation in benthic and fish of Barents and Kara Seas. Materials of Intern. Conf. on Environmental Radioactivity in the Arctic. Oslo, 1995.
6. *Matishov G., Matishov D., Namjatov A.* Risk assessment from Real and Potential Sources of Radioactivity Contamination in the Kola Bay of the Barents Sea. Conference «Bordomer» – Coastal Environment Management and Conservation (Bordeaux, France, 27–28 October 1997). (2): 92–101.
7. *Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A., Carroll J., Dahle S.* Discharges of nuclear waste into the Kola Bay and its impact on human radiogical doses // Journal of Environmental Radioactivity. 2000. 48: 5–21.
8. *Matishov G.G., Matishov D.G., Namjatov A.A., Smith J., Carroll J., Dahle S.* Radioactivity near the Sunken Submarine “Kursk” in the Southern Barents Sea // Environmental science & technology. 2002. 36 (9): 1919–1922.
9. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г., Риссанен К.* Радиоактивное загрязнение Кольского залива Баренцева моря // Доклады Академии наук. 1996. 351 (4): 571–573.
10. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г.* Новые данные о радиоактивном загрязнении Черной губы (Новая Земля) // Доклады Академии наук. 2002. 383 (5): 14–16.
11. *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.
12. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г.* Антропогенные радионуклиды в донных отложениях Азовского моря // Доклады Академии наук. 1998. 363 (5): 673–677.
13. *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.
14. *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.
15. *Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н.* Морская динамическая радиохемоэкология. М.: Энергоатомиздат, 1986.
16. *Матишов Д.Г., Матишов Г.Г.* Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001.
17. *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., Наука. 2005: 184–197.
18. *Matishov D.G., Matishov G.G.* Radioecology in Northern European Seas. Springer, 2004.
19. *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 2. Донные](https://elibrary.ru/item.asp?id=41026065) отложения // [Наука Юга России](https://elibrary.ru/contents.asp?id=41026063). 2019. 15 (4): 24–25.
20. *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](https://elibrary.ru/item.asp?id=41026065) // [Наука Юга России](https://elibrary.ru/contents.asp?id=41026063). 2019. 15 (3): 12–23.
21. *Матишов Г.Г.* К Северному полюсу на атомном ледоколе «50 лет Победы» // Природа. 2018. 11: 54–59.
22. *Матишов Г.Г., Клещенков 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.
23. *Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С.* [Техногенная радиоактивность вод центрального полярного бассейна и смежных акваторий Арктики](https://elibrary.ru/item.asp?id=37575170) // [Доклады Академии наук](https://elibrary.ru/contents.asp?id=37575151). 2019. 485(1): 93–98.
24. *Усягина И.С., Куклин В.В., Куклина M.M.* Содержание искусственных радионуклидов в птицах Баренцева моря и их влияние на организм // Наука юга России. 2019. 15 (2): 59–69.
25. *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.