

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ МОРЕЙ ЕВРАЗИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2017 ГОДА

© 2019 г. О. Н. Мирошниченко^{а,*}, А. А. Параскив^а, С. Б. Гулин^а

^а Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

Россия, 299011 Севастополь, просп. Нахимова, 2

*e-mail: oksaniya_89@mail.ru

Поступила в редакцию 19.02.2018 г.

После исправления 29.12.2018 г.

Принята к публикации 21.01.2019 г.

По результатам экспедиционных исследований, проведенных в 42-м рейсе НИС «Академик Борис Петров» (январь-март 2017 г.) и 68-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (июнь-август 2017 г.), получены новые данные по содержанию техногенного радионуклида цезия-137 в поверхностных водах Восточно-Китайского и Южно-Китайского морей, экваториальной части Индийского океана, Красного и Средиземного морей, Бискайского залива, пролива Ла-Манш, Балтийского моря, Северной Атлантики, Норвежского и Баренцева морей. Установлено, что концентрация цезия-137 в поверхностной воде большинства исследованных морей Евразии находится на достаточно низком уровне. Исключение составляет Балтийское море, где уровень содержания цезия-137 значительно превышает величины, наблюдавшиеся в дочернобыльский период. Обнаружена более высокая, по сравнению с предыдущими оценками, концентрация цезия-137 в поверхностных водах Восточно-Китайского моря, что может быть связано со значительным сбросом высокоактивных жидких радиоактивных отходов в результате аварии на АЭС Фукусима-1 в 2011 году.

Ключевые слова: цезий-137, концентрация, морская вода, моря Евразии

DOI: 10.31857/S0016-752564121281-1287

ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине XX века Евразийский континент подвергся значительному радиоактивному загрязнению в результате испытаний ядерного оружия в районе Семипалатинска и на Новой Земле, его боевого применения в Японии, а также крупных аварий на ядерных объектах в Великобритании, Франции, СССР и Японии. Это привело к поступлению в природную среду большого количества искусственных радионуклидов, среди которых одним из главных дозобразующих факторов стал цезий-137 с периодом полураспада 30.17 года. В результате испытаний ядерного оружия в атмосфере, которые достигли своего максимума в 1962 г., в окружающую среду поступило от 1300 до 1500 ПБк ^{137}Cs (НКДАР при ООН, 1982). В 1957 г. произошла крупная авария на британском атомном комплексе по производству оружейного плутония в Уиндскейле, которая сопровождалась сбросом жидких радиоактивных отходов в Ирландское море, максимум которого пришелся на 1974 г. и достиг

величины 39 ПБк ^{137}Cs (Buessler, 2014). Аварийное поступление жидких радиоактивных отходов в морскую среду происходило и на французском ядерном предприятии в Ла Хауге, в результате которого в пролив Ла-Манш в 1971 г. поступил 1 ПБк ^{137}Cs (Buessler, 2014). Моря Арктики, помимо ядерных испытаний на Новой Земле, подвергались радиоактивному загрязнению за счет захоронения энергетических установок атомных подводных лодок СССР. Считается, что суммарная активность затопленных радиоактивных отходов в Карском и Баренцевом море равна 38,8 ПБк (Саркисов и др., 2011). Однако самым значительным событием, которое считается главной техногенной катастрофой XX века, стала авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) на Украине в 1986 г. По оценкам исследователей, выброс цезия-137 из аварийного реактора ЧАЭС в атмосферу составил тогда от 90 до 270 ПБк (Aarkrog, 2003; Egorov et al., 2001). Атмосферный перенос продуктов аварии происходил вначале в северо-западном, а затем в южном направлениях (Поликарпов, Егоров, 2008).

В связи с этим наибольшему загрязнению подверглись Балтийское, Северное, Черное и Средиземное моря. Помимо атмосферного переноса чернoбыльские радионуклиды попадали в морские среды со стоком рек (Livingston, Povines, 2000; Atwood, 2010; Guéguéniat et al., 1996). В 2011 году после сильнейшего подводного землетрясения, вызвавшего цунами, пострадала атомная станция Фукусима-1 в Японии. В результате была нарушена целостность активной зоны реактора, после чего последовал сброс в прилегающую морскую акваторию, по разным оценкам, от 3.6 до 41 ПБк цезия-137 (Charette et al., 2012; Miyazawa et al., 2013). В итоге, радиоактивному загрязнению подверглись моря, омывающие берега северной и восточной Азии (Buessler, 2014).

Глобальные оценки радиоактивного загрязнения вод Мирового океана за предшествующий период даны в обзорных работах (Livingston, Povines, 2000; Atwood, 2010; Guéguéniat et al., 1996). Показано, что сравнительные измерения содержания искусственных радионуклидов в морской среде, выполненные в разные периоды после загрязнения, позволяют определить ее способность к самоочищению от радиоактивных загрязнений (Gulin, Egorov, 2013).

Целью данной работы была оценка современных уровней содержания цезия-137 в поверхностных водах морей Евразии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

42-й рейс НИС “Академик Борис Петров” проводился в период с 5 января 2017 г. по 28 марта 2017 г. по маршруту Тяньцзинь – Сингапур – Суэц – Калининград. Радиоэкологические исследования были выполнены по пути следования судна в Восточно-Китайском и Южно-Китайском морях, в восточной и западной частях Индийского океана, в Красном и Средиземном морях, в районе Бискайского залива, пролива Ла-Манш, а также Северном и Балтийском морях. Отбор проб поверхностной воды (0–4 м) для определения цезия-137 проводили с помощью перистальтического насоса Masterflex I/P (модель 77601-10). Объем каждой пробы составлял около 100 л.

68-й рейс НИС “Академик Мстислав Келдыш” выполнялся с 30 июня 2017 г. по 18 августа 2017 г. по маршруту Калининград – Рейкьявик – Архангельск. Работы в рамках радиоэкологического мониторинга проводились в Балтийском море, Северной Атлантике, Норвежском и Баренцевом морях. Отбор проб поверхностной

воды (0–5 м) осуществляли с помощью проточной системы отряда гидрооптики Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Для определения содержания цезия-137 в пробах поверхностной морской воды был использован метод, основанный на его концентрировании с помощью проточной сорбции в двух последовательно соединенных адсорберах с последующим измерением содержания ^{137}Cs по гамма-излучению дочернего радионуклида $^{137\text{m}}\text{Ba}$ (Gulin et al., 2015). Воду прокачивали с помощью перистальтического насоса Elpan 372.C (Польша) через полипропиленовый фильтр с номинальным размером пор 0.5 мкм для удаления взвешенного вещества. Затем фильтрат пропускали через два последовательно соединенных адсорбера, содержащих порошковый сорбент, импрегнированный ферроцианидом никеля-калия. Далее сорбенты сжигались для компактизации в муфельной печи при температуре 400 °С, после чего в них определялось содержание цезия-137 с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра 1282-CompuGamma (LKB Wallac, Финляндия), имеющего геометрию счета, близкую к 4π (well type детектор), учитывая радиоактивный фон и эффективность регистрации излучения цезия-137. Эффективность сорбции определяли по разнице активности в первом и втором адсорберах. После чего рассчитывали концентрацию цезия-137 в исследуемой пробе воды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерения содержания цезия-137 в поверхностной воде исследованных акваторий представлены в таблице.

Как и следовало ожидать, наиболее загрязненной оказалась акватория Балтийского моря (табл., рис. 1, 2). Известно, что основными источниками его радиоактивного загрязнения были атмосферные выпадения в результате испытаний ядерного оружия и аварии на ЧАЭС, а также поступление загрязненных вод Северного моря через Датский пролив после аварий в Уиндскейле и Ла Хауга. Во время ядерных испытаний в 1950–1960-е годы на поверхность Балтийского моря выпало около 0.62–0.9 ПБк цезия-137 (Zalewska, Suplinska, 2013). Сбросы радиохимических предприятий вызвали поступление в Балтийское море около 250 ТБк цезия-137 (HELCOM, 2009). После аварии на Чернобыльской АЭС в Балтийское море поступило около 4.7 ПБк цезия-137, включая 0.3 ПБк с речным стоком (HELCOM, 1995, 2003,

Таблица. Станции отбора проб и концентрация ^{137}Cs в поверхностной воде

№ станции	Координаты, район	Глубина дна, м	Концентрация цезия-137, Бк/м ³	Концентрация цезия-137, Бк/м ³ по литературным данным
42-й рейс НИС "Академик Борис Петров" (05.01.2017 – 29.03.2017)				
1	30°43.668' N 123°16.001' E Восточно-Китайское море	55	4.74±0.21	1.05±0.11 (2011г.) (Zhao et al., 2018)
2	19°24.554' N 115°24.362' E Южно-Китайское море	2150	4.11±0.2	1.05±0.13 (2014 г.) (Zhou et al., 2018)
4	04°52.289' N 090°19.858' E Индийский океан	3575	6.48±0.44	-
8	20°47.560' N 038°36.740' E Красное море	937	1.03±0.04	1.4-1.7 (1998 г.) (Studies I. W. M. R., 2005)
9	35°30.286' N 017°14.374' E Средиземное море	4059	1.14±0.05	1.96±0.26 (2002 г.) (Gulin, Stokozov, 2005)
12	47°17.296' N 006°44.706' W Бискайский залив	2862	2.83±0.14	2.29 (1992 г.) (Dahlgaard et al., 1995)
13	50°16.645' N 000°07.440' W Пролив Ла-Манш	46	2.49±0.09	2.9 (1999 г.) (Studies I. W. M. R., 2005)
14	55°34.042' N 006°33.302' E Северное море	39	2.56±0.11	8.1 (1999 г.) (Studies I. W. M. R., 2005)
17	55°17.104' N 017°36.970' E Балтийское море	78	59.89±5.46	53.3±1.1 (2004 г.) (Zalewska, Lipska, 2006)
68-й рейс НИС "Академик Мстислав Келдыш" (30.06.2017 – 18.08.2017)				
6801P	55°09.684' N 17°12.203' E Балтийское море	44	28.49±1.30	53.3±1.1 (2004 г.) (Zalewska, Lipska, 2006)
6802P	59°29.989' N 19°17.243' W Северная Атлантика	2742	2.38±0.09	3.00 (2000 г.) (Studies I. W. M. R., 2005)
6804P	71°37.944' N 03°24.355' W Норвежское море	2465	4.36±0.24	-
6808P	73°42.841' N 13°14.662' E Северная часть Норвежского моря	2458	1.51±0.06	-

Таблица. Продолжение.

№ станции	Координаты, район	Глубина дна, м	Концентрация цезия-137, Бк/м ³	Концентрация цезия-137, Бк/м ³ по литературным данным
6811P	74°04.971N 24°26.705E Баренцево море	306	2.10±0.09	1.8±0.6 (2000-2010 гг.) (Усягина и др., 2014)
6813P	78°29.885' N 33°44.279' E Северная часть Баренцева моря	185	2.35±0.09	
6818P	78°38.825' N 57°50.811' E Северо-восточная часть Баренцева моря	195	2.60±0.094	
6821P	77°02.311' N 65°41.936' E Восточная часть Баренцева моря	226	2.38±0.097	
6823P	75°44.758' N 56°46.004' E Баренцево море, побережье Новой Земли	157	3.38±0.16	-
6825P	74°17.730' N 47°44.703' E Восточная часть Баренцева моря	317	2.84±0.13	1.8±0.6 (2000-2010 гг.) (Усягина и др., 2014)

2009; Livingston, Povines, 2000). В дочернобыль-ский период средняя концентрация цезия-137 в поверхностной воде Балтийского моря была 12 Бк/м³ (Стыро, 1989; Стыро и др., 1988), тогда как после аварии на ЧАЭС она выросла до 150 и более Бк/м³ (Styrgo et al., 2000). Как видно из полученных нами результатов (табл.), до настоящего времени концентрация цезия-137 в поверхностной воде Балтийского моря оста-

ется намного выше, чем она была до аварии на ЧАЭС. Это может свидетельствовать о более сложных процессах самоочищения водной толщи Балтийского моря по сравнению, например, с Черным морем, где концентрация цезия-137 в поверхностных водах уже достигла доаварийных значений и в среднем равна 10–15 Бк/м³ (Gulin et al., 2013).

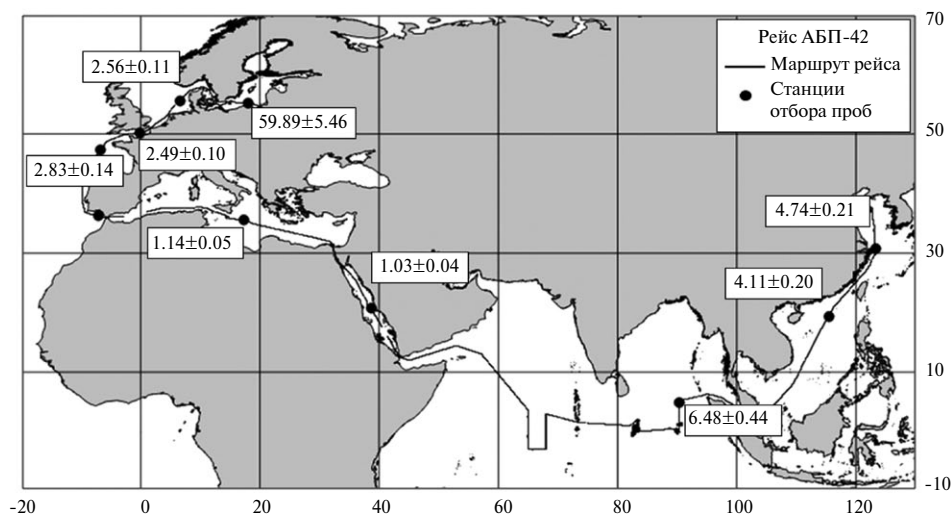


Рис. 1. Концентрация цезия-137 в поверхностной воде по итогам 42-го рейса «Академик Борис Петров».

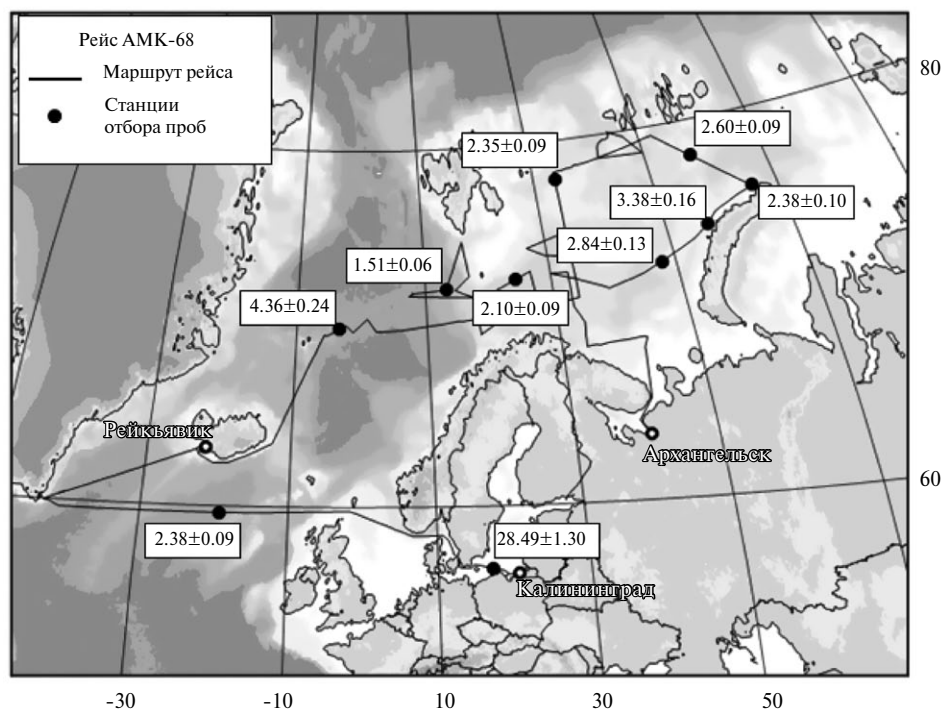


Рис. 2. Концентрация цезия-137 в поверхностной воде по итогам 68-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш».

Обращает на себя внимание и тот факт, что в весенний период наших наблюдений уровень содержания цезия-137 в поверхностной воде Балтийского моря был вдвое выше, чем в летний — 59.89 и 28.49 Бк/м³ соответственно (табл.). Это вряд ли могло быть связано с влиянием речного стока в весенне-зимний паводковый период, поскольку известно, например, что в 2004 году средняя концентрация цезия-137 в р. Висле составляла всего 1.34 Бк/м³ (Zalewska, Lipska, 2006), и можно считать, что речной сток не вносит большой вклад в современную радиоэкологическую обстановку Балтийского моря. Возможно, сказывается значительно меньшая глубина Балтики (средняя — 51 м, максимальная — 470 м) по сравнению с Черным морем (средняя — 1240 м, максимальная — 2210 м), в котором глубинные воды являются своеобразным депо для цезия-137, препятствующим его ремобилизации в поверхностные слои водной толщи (Гулин и др., 2017). Кроме того, в экспедиционных условиях, помимо отбора проб воды на определение содержания цезия-137, параллельно проводилось измерение концентрации взвешенного вещества в воде. В весенний период содержание взвеси в воде было 0.4 г/м³, а в летний на порядок выше — 2.55 г/м³. Известно, что геохимическое поведение радионуклида цезия-137 в замкнутом слабосоленом Балтийском море происходит по типу пресных водоемов (Матишов, Матишов, 2001), что способствует накоплению цезия-137 взвесью и снижает уровень его концен-

трации в воде. Вероятно, этими особенностями объясняется различие в уровнях цезия-137 в разные сезоны в одной и той же точке отбора проб.

По результатам измерений в Северном море видно, что концентрация цезия-137 в его поверхностных водах снизилась, по сравнению с предыдущими измерениями, не только за счет радиоактивного распада, но и, возможно, благодаря разбавляющему влиянию более чистых в радиоактивном отношении вод Гольфстрима.

В Баренцевом море концентрация цезия-137 в поверхностной воде в начале 1980-х годов достигала 30 Бк/м³ (Вакуловский и др., 1988; Матишов, Матишов, 2001). В 1990-е годы произошло ее резкое снижение до 3–6 Бк/м³. В 2000–2010 гг. концентрация цезия-137 в среднем по всему бассейну Баренцева моря составляла 1.8 ± 0.6 Бк/м³. В настоящее время уровень цезия-137 в поверхностных водах Баренцева моря, по нашим данным, остается на низком уровне и отличается равномерностью (табл.).

Средняя концентрация цезия-137 в поверхностных водах Северной Атлантики составляла в 2000 г. около 3 Бк/м³. К периоду наших измерений она снизилась в соответствии с периодом распада цезия-137 (табл.), что свидетельствует об отсутствии значимых источников радиоактивного загрязнения этой части Мирового океана.

В проливе Ла-Манш уровень содержания цезия-137 в поверхностной воде был выше по сравнению со значениями, полученными в 1999 г. (табл.). Свою роль здесь могла сыграть существенная разница в координатах отбора наших проб по сравнению с литературными источниками.

В Средиземном море полученные нами данные были сопоставимы с результатами измерений, выполненных в 2002 году, с учетом периода полураспада цезия-137. Небольшая разница объясняется, по-видимому, различием в координатах точек пробоотбора (на 1 градус по широте и долготе).

В Красном море концентрация цезия-137 в поверхностной воде снизилась к периоду наших измерений по сравнению с предыдущими оценками в соответствии с периодом распада цезия-137 (табл.).

Возможным источником поступления цезия-137 в Восточно-Китайское и Южно-Китайское моря, помимо глобальных атмосферных выпадений, мог быть сброс высокоактивных жидких радиоактивных отходов после аварии на АЭС Фукусима-1 (Zhao et al., 2018; Zhou et al., 2018). Это может быть одним из объяснений более высокой, по сравнению с предыдущими оценками, концентрации цезия-137, обнаруженной нами в поверхностных водах Восточно-Китайского моря (табл.), которое находится в непосредственной близости от Японии.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно заключить, что концентрация цезия-137 в поверхностной воде морей Евразии, исследованных в данной работе, в целом находится на достаточно низком уровне. Исключение составляет Балтийское море, где уровень содержания цезия-137 значительно превышает величины, наблюдавшиеся в дочернобыльский период. Обнаружена более высокая по сравнению с предыдущими оценками концентрация цезия-137 в поверхностных водах Восточно-Китайского моря, что может быть связано со значительным сбросом высокоактивных жидких радиоактивных отходов после аварии на АЭС Фукусима-1 в 2011 году.

Статья посвящается памяти нашего учителя, научного руководителя, ученого-радиобиолога с мировым именем — д.б.н., профессора Гулина Сергея Борисовича.

Благодарности

Авторы благодарят дирекцию Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернад-

ского РАН, дирекцию Института океанологии им. П.П. Шириова РАН, экипажи НИС “Академик Борис Петров” и “Академик Мстислав Келдыш”, м.н.с. ИО РАН Глуховца Д.И. за уникальную возможность выполнить исследования, представленные в данной работе, и помощь в проведении отбора проб.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (АААА-А18-118020890090-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вакуловский С.М., Никитин А.И., Чумичев В.Б. (1988) Загрязнение Белого моря радиоактивными отходами из западноевропейских стран. *Атомная энергия* **65**(1), 66–67.
- Гулин С.Б., Егоров В.Н., Мирзоева Н.Ю., Проскурнин В.Ю., Бей О.Н., Сидоров И.Г. (2017) Радиоемкость кислородной и сероводородной зон Черного моря в отношении ^{90}Sr и ^{137}Cs . *Радиационная биология. Радиоэкология* **57**(2), 191–200.
- Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. (2001) Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 418 с.
- Ионизирующее излучение: источники и биологические эффекты. (1982) НКДАР при ООН. Доклад за 1982 г. Генеральной Ассамблеей ООН. Нью-Йорк, 882 с.
- Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию (2008) Под ред. Г. Г. Поликарпова и В. Н. Егорова. Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 667 с.
- Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Сивинцев Ю.В., Никитин В.С. (2011) Проблемы радиационной реабилитации арктических морей, способы и пути их решения Арктика. *Экология и экономика* (1), 70–82.
- Стыро Д.Б. (1989) Вопросы ядерной гидрофизики. Л.: Гидрометеиздат, 256 с.
- Стыро Д.Б., Каджене Г.И., Клейза И.В. (1988) Концентрация радионуклидов искусственного происхождения в водах Балтийского и Северного морей осенью 1985. *Атомная энергия* **64**(5), 389–391.
- Усягина И. С., Касаткина Н. Е., Ильин Г. В. (2014) Техногенные радионуклиды в морской среде и элементах наземной экосистемы архипелага Земля Франца-Иосифа. *Труды Кольского научного центра РАН* **4**(23), 102–111.
- Aarkrog A. (2003) Input of anthropogenic radionuclides into the World Ocean. *Deep-Sea Res. Pt. II* **50**(17–21), 2597–2606.
- Atwood D. (2010) Radionuclides in the Environment (Ed.) Chichester: Willey & Sons, 522 p.
- Buesseler K.O. (2014) Fukushima and Ocean Radioactivity. *Oceanography* **27**(1), 92–105.
- Charett, M.A., Breier C.F., Henderson P.B., Pike S.M., Rypina I.I., Jayne S.R., Buesseler K.O. (2012) Radium-based estimates of cesium isotope transport and total direct ocean discharges from the Fukushima Nuclear Power Plant accident. *BGD* **9**(11), 16139–16160.

- Dahlgard H., Chen Q., Herman J., Nies H., Ibbett R.D., Kershaw P.J. (1995) On the background level of ^{99}Tc , ^{90}Sr and ^{137}Cs in the North Atlantic. *J. Marine Syst.* **6**(5-6), 571–578.
- Egorov V.N., Polikarpov G.G., Stokozov N.A., Gulin S.B., Mirzoyeva N. Y. (2001) Rapport du 36e Congres de la CIESM: 36th CIESM Congress Proceedings. Monaco, 121 p.
- Guéguéniat P., Germain P., Métivier H. (1996) Radionuclides in the Oceans, Inputs and Inventories. (Eds). Cherbourg: IPSN, 231 p.
- Gulin S.B., Egorov V.N. (2013) Self-purification of seawater: a measure for environmental regulation. Seawater: Geochemistry, Composition and Environmental Impacts (Ed. M.R. White). New York: Nova Sci. Publ., 93–126.
- Gulin S.B., Egorov V.N., Duka M.S., Sidorov I.G., Proskurnin V. Yu., Mirzoyeva N. Yu., Bey O.N., Gulina L.V. (2015) Deep-water profiling of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Black Sea: a further insight into dynamics of the post-Chernobyl radioactive contamination. *J. Radioanal. Nucl. Ch.* **302**(3), 779–783.
- Gulin S.B., Mirzoyeva N.Yu., Egorov V.N., Polikarpov G.G., Sidorov I.G., Proskurnin V. Yu. (2013) Secondary radioactive contamination of the Black Sea after Chernobyl accident: recent levels, pathways and trends. *J. Environ. Radioact.* **124**, 50–56.
- Gulin S.B., Stokozov N.A. (2005) ^{137}Cs concentrations in the Atlantic and western Antarctic surface waters: results of the 7th Ukrainian Antarctic Expedition. *J. Environ. Radioact.* **83**(1), 1–7.
- HELCOM (1995) Radioactivity in the Baltic Sea 1984–1991. *Baltic Sea Environ. Proc.* **61**, 182p.
- HELCOM (2003) Radioactivity in the Baltic Sea 1992–2006. *Baltic Sea Environ. Proc.* **85**, 102 p.
- HELCOM (2009) Radioactivity in the Baltic Sea 1999–2006. *Baltic Sea Environ. Proc.* **117**, 64 p.
- Zhao L., Liu D., Wang J., Du J., Hou X., Jiang Y. (2018) Spatial and vertical distribution of radiocesium in seawater of the East China Sea. *Mar. Pollut. Bull.* **128**, 361–368.
- Livingston H.D., Povinec P.P. (2000) Anthropogenic marine radioactivity. *Ocean Coast. Manag.* **43**, 689–712.
- Miyazawa Y., Masumoto Y., Varlamov S.M., Miyama T., Takigawa T., Honda M., Saino T. (2013) Inverse estimation of source parameters of oceanic radioactivity dispersion models associated with the Fukushima accident. *Biogeosciences* **10**(4), 2349–2363.
- Nielsen S.P., Bengtson P., Bojanowski R., Hagel P., Herrmann J., Ilus E., Suplinska M. (1999) The radiological exposure of man from radioactivity in the Baltic Sea. *Sci. Tot. Environ.* **237**, 237–238.
- Zhou P., Li D., Zhao L., Li H., Zhao F., Zheng Y., Cai W. (2018) Radioactive status of seawater and its assessment in the northeast South China Sea and the Luzon Strait and its adjacent areas from 2011 to 2014. *Mar. Pollut. Bull.* **131**, 163–173.
- Studies I. W. M. R. (2005) IAEA-TECDOC-1429. IAEA, Vienna.
- Styro D., Bumelien Zh., Kleiza J. (2000) Prognosis of the Baltic Sea self-cleaning from the “Chernobyl” radionuclide ^{137}Cs . *Aplinkos inžinerija* **8**(4), 198–202.
- Zalewska T., Lipska J. (2006) Contamination of the southern Baltic Sea with ^{137}Cs and ^{90}Sr over the period 2000–2004. *J. Environ. Radioact.* **91**(1–2), 1–14.
- Zalewska T., Suplinska M. (2013) Anthropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the southern Baltic Sea ecosystem. *Oceanologia* **55**(3), 485–517.

^{137}Cs CONCENTRATIONS IN SURFACE WATERS OF THE SEAS OF EURASIA: RESULTS OF EXPEDITIONARY RESEARCH IN 2017

© 2019 O. N. Miroshnichenko^{a,*}, A. A. Paraskiv^a, S. B. Gulina^a

^aA.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS
Russia, 299011 Sevastopol, Nakhimov Avenue, 2

*e-mail: oksaniya_89@mail.ru

Received: 19.02.2018

Received version received: 29.12.2018

Accepted: 21.01.2019

According to results of the field work conducted in 42nd cruise of the research vessel “Akademik Boris Petrov” (January–March, 2017) and 68th cruise of RV “Akademik Mstislav Keldysh” (June–August, 2017), the data on concentration of the man-made radionuclide caesium-137 in surface waters of the East China Sea, the South China Sea, Equatorial part of the Indian Ocean, the Red Sea and Mediterranean, Biscay Gulf, the English Channel, the Baltic Sea, North Atlantic, Norwegian Sea and the Barents Sea have been obtained. It was found that concentration of caesium-137 in the surface water of studied Eurasian seas is at a low level. The exception is the Baltic Sea, where the level of caesium-137 is much higher than the values observed before the Chernobyl accident. A higher concentration of caesium-137 in the surface waters of the East China Sea, compared with previous estimates, was found, which may be due to the significant discharge of a high-level liquid radioactive waste after the Fukushima-1 accident in 2011.

Keywords: caesium-137, concentration, sea water, sea of Eurasia

(For citation: Miroshnichenko O.N., Paraskiv A.A., Gulina S.B. ^{137}Cs Concentrations in Surface Waters of the Seas of Eurasia: Results of Expeditionary Research in 2017. *Geokhimiya*. 2019;64(12):1281–1287. DOI: 10.31857/S0016-752564121281-1287)