DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-6-15
УДК: 621.039.586(521.16):614.876(571.645)

О четвертой комплексной научной экспедиции по мониторингу радиационной обстановки в Курило–Камчатском регионе Тихого океана

Г.Г. Онищенко [1,4], А.Ю. Попова [2,5], И.К. Романович [3], С.А. Иванов [3], А.М. Библин [3], В.С. Репин [3], К.В. Варфоломеева [3]

[1]Российская академия наук, Москва, Россия
[2]Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия
[3]Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
[4]Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия
[5]Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Данная статья является очередной в серии статей, посвященных изучению последствий аварии на АЭС «Фукусима-1» и влиянию аварийных выбросов и сбросов радионуклидов на загрязнение морской биоты и прибрежных территорий дальневосточных регионов. Осенью 2019 г. на учебно-производственном судне «Профессор Хлюстин» выполнена четвертая научная экспедиция Русского географического общества по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана по изучению последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». В экспедиции приняли участие 9 специалистов из некоммерческой организации «Фонд полярных исследований «Полярный фонд»», Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический институт», Акционерное общество «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» Госкорпорации «Росатом», Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Федеральное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского». Целью четвертой экспедиции являлось исследование радиационной обстановки в Японском море и Курило-Камчатском регионе Тихого океана после аварии на АЭС «Фукусима-1» – продолжение аналогичных морских экспедиций РГО 2011, 2012 и 2014 гг. Обследование проведено в акватории Японского и частично Охотского морей. В результате проведенных исследований установлено, что содержание радионуклидов цезия-137, стронция-90 в морской воде, гидробионтах, почве, наземной и водной растительности по-прежнему находится на уровне фоновых значений, обусловленных глобальными выпадениями.

Ключевые слова: *морская экспедиция, Русское географическое общество, АЭС «Фукусима-1», радиационная авария, радиационная обстановка, ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{90}Sr, ^{3}H, объекты окружающей среды.*

Введение

В период с 27 сентября по 18 октября 2019 г. выполнена четвертая, начиная с 2011 г., комплексная многопрофильная научная экспедиция по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана по изучению последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». Экспедиционные работы проводились Некоммерческой организацией (НО) «Фонд полярных исследований «Полярный фонд»» в соответствии с грантом Русского географического общества (РГО) «Научно-исследовательская экспедиция по изучению последствий аварии на АЭС «Фукусима»» и выполнялись на учебно-производственном судне (УПС) «Профессор Хлюстин», принадлежащем Дальневосточному бассейновому филиалу ФГУП «РОСМОРПОРТ». В научной программе экспедиции приняли участие 9 специалистов из НО «Фонд полярных исследований «Полярный фонд»», ФГБУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический институт», ФГУП «НПО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина» Госкорпорации «Росатом»», НИЦ «Курчатовский институт», ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гиги-

Романович Иван Константинович
Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.
Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

ены имени профессора П.В. Рамзаева», а также ФБОУВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского».

Авария на АЭС «Фукусима-1» (Япония) привела к значительному радиоактивному загрязнению части территории Японии и вод Тихого океана. В целом ряде отчетов Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) [1, 2], Научного комитета по действию атомной радиации ООН (НКДАР ООН) [3], научных публикациях [4, 5–9] приведена подробная хронология развития радиационной аварии, пути и уровни радиоактивного загрязнения окружающей среды, оценка активностей радионуклидов, выброшенных из аварийных реакторов. Так, в соответствии с докладом НКДАР ООН [3, 8, 9] выброс ^{131}I составил порядка 100–500 ПБк, ^{137}Cs – от 6 до 20 ПБк. Сбросы в океан оценены на уровне от 3 до 6 ПБк ^{137}Cs, ^{131}I – в 3 раза больше. Большая часть активности, выброшенной из аварийных реакторов в атмосферу, в конечном итоге осела на поверхность вод Тихого океана и вместе с прямыми сбросами определила уровень его загрязнения [3, 8, 9]. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглась акватория Тихого океана в радиусе 80 км от места расположения АЭС «Фукусима-1». Со второй половины апреля 2011 г., когда выбросы радионуклидов в атмосферу значительно снизились, на первое место по загрязнению вод Тихого океана вышли прямые сбросы высокорадиоактивной воды в акваторию порта Фукусима (как непреднамеренные – утечки, так и преднамеренные – сброс жидких радиоактивных отходов из хранилищ). Утечки высокорадиоактивной воды из подвальных помещений реакторов, смешивающейся с грунтовыми водами и водами естественных осадков с площадки аварийных реакторов, стали долговременным источником загрязнения акватории Тихого океана в районе АЭС «Фукусима-1». Данная проблема окончательно не решена и на начало 2020 г. В настоящее время в цистернах на территории АЭС скопилось уже свыше 1 млн тонн очищенной (исключая тритий), но все же радиоактивной воды, количество которой ежедневно увеличивается более чем на 170 тонн. Возможности по дальнейшему хранению указанной воды при постоянном росте ее количества почти исчерпаны. Комитет экспертов при правительстве Японии считает наиболее рациональным слить радиоактивную воду, содержащую тритий, в океан [10]. К долговременным источникам радиоактивного загрязнения вод Тихого океана необходимо отнести также стоки рек с радиоактивно-загрязненных территорий, а также вымывание радионуклидов из донных отложений и песка береговой линии. Пляжные пески на расстоянии до 100 км от АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. были загрязнены в результате сорбции радионуклидов из морской воды. Этот источник радиоактивного загрязнения океана сопоставим с выбросами ^{137}Cs с площадки АЭС «Фукусима-1» в 2013–2016 гг. и поступлением ^{137}Cs из Фукусимы через реки [6].

Значительное радиоактивное загрязнение акватории Тихого океана в первые годы после аварии на АЭС «Фукусима-1» привело к аккумуляции радионуклидов гидробионтами. По данным правительства Японии, с момента аварии на АЭС «Фукусима-1» и до 25.12.2019 г. был проведен отбор и исследование 125 921 пробы морской рыбы. Среди отобранных проб в 2275 случаях удельная активность превышала 100 Бк/кг. Последний раз проба морской рыбы с превышением 100 Бк/кг была выявлена в 2018 г. [11]. В 2011 г. примерно половина проб рыбы, отобранных в прибрежных водах префектуры Фукусима, содержала радиоактивный цезий выше 100 Бк/кг. К 2015 г. ситуация изменилась – менее чем в 1% измеренных проб рыб уровень содержания радионуклидов цезия превышал 100 Бк/кг, а 80% измерений были ниже предела обнаружения [11]. Однако, по данным [12], в рыбе из породы ромбовых скатов, которая была поймана в Тихом океане недалеко от аварийной АЭС «Фукусима-1» на глубине 62 м, концентрация радиоактивного цезия составила 161 Бк/кг.

Радиоактивный цезий фукусимского происхождения обнаруживали в рыбе и на расстояниях в тысячи километров от японских островов: в тихоокеанском голубом тунце, пойманном в Калифорнии (США) [13], и нерке, выловленной в Британской Колумбии (Канада) [14].

Интересное наблюдение представила группа ученых из университета Цукуба, университета Канадзава и Японского агентства науки и технологий по изучению морских недр (JAMSTEC) [15]. Ученые установили, что радиоактивный цезий с АЭС «Фукусима-1» вернулся к берегам Японии намного раньше, чем ожидалось. Уже в 2012 г. пробы воды, взятые в японских водах Восточно-Китайского моря, показали повышенное содержание цезия, а пик концентрации цезия в японских морских акваториях наблюдался в 2014 г. Впервые установлено, что зимой радиоактивный цезий, увлекаемый холодными подводными течениями, стал перемещаться по Тихому океану в западном направлении.

Вышеприведенные материалы и являются исходными данными для постановки задач четвертой научной экспедиции РГО.

Цели, задачи и программа четвертой комплексной научной экспедиции

Целью четвертой научной экспедиции РГО являлось продолжение исследований по мониторингу долговременных изменений содержания радионуклидов в почве, наземной растительности, воздухе, морской воде, гидробионтах и донных отложениях в Японском море и Курило-Камчатском регионе Тихого океана после аварии на АЭС «Фукусима-1». Четвертая научная экспедиция продолжила серию аналогичных морских экспедиций РГО, проведенных в 2011, 2012 и 2014 гг., и сухопутных экспедиций, выполненных специалистами ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора в 2011–2014 гг. [1, 16 –22].

Программой четвертой научной экспедиции, утвержденной первым вице-президентом РГО членом-корреспондентом РАН А.Н. Чилингаровым, предусматривалось частичное повторение маршрутов морских экспедиций РГО 2011, 2012 и 2014 гг. с высадкой на островах Курильской гряды и острове Сахалин.

Перед участниками экспедиции ставились следующие задачи:

– отбор проб воды на содержание ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{90}Sr, ^{3}H в точках мониторинга, расположенных к востоку от Японии, а также в 2–3 точках на содержание изотопов плутония;

– изучение содержания радионуклидов в морской воде, расположенной на разных горизонтах, с помощью высокочувствительного подводного гамма-спектрометра;

– отбор проб аэрозолей приземного слоя

атмосферного воздуха для определения техногенных и природных радионуклидов (срок экспозиции 1 сут, для определения ^{14}C - срок экспозиции 2–3 сут);

– отбор проб атмосферной влаги на содержание трития;

– отлов рыбы и других гидробионтов (по ходу маршрута, где это возможно и безопасно);

– отбор проб донных отложений у побережья Приморского края, Курильских островов, острова Сахалин;

– отбор проб грунта и наземной растительности, измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и запись полевых гамма-спектров вблизи побережья в Приморском крае (бухта Джигит), Курильских островов и острова Сахалин;

– выполнение непрерывного измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения по всему маршруту.

Для Роспотребнадзора в экспедиции было выделено 1 место, на которое и был делегирован представитель ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Иванов Сергей Анатольевич младший научный сотрудник радиохимической лаборатории.

Перед специалистом Роспотребнадзора были поставлены следующие задачи:

– измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения;

– определение энергетического спектра гамма-излучения в воздухе;

– отбор проб морской воды и морепродуктов;

– измерение содержания радионуклидов цезия в пробах аэрозолей воздуха на борту судна (пробы отбирались другими участниками экспедиции);

– исследование проб морской воды на содержание трития.

Схематизированная карта фактического маршрута экспедиции

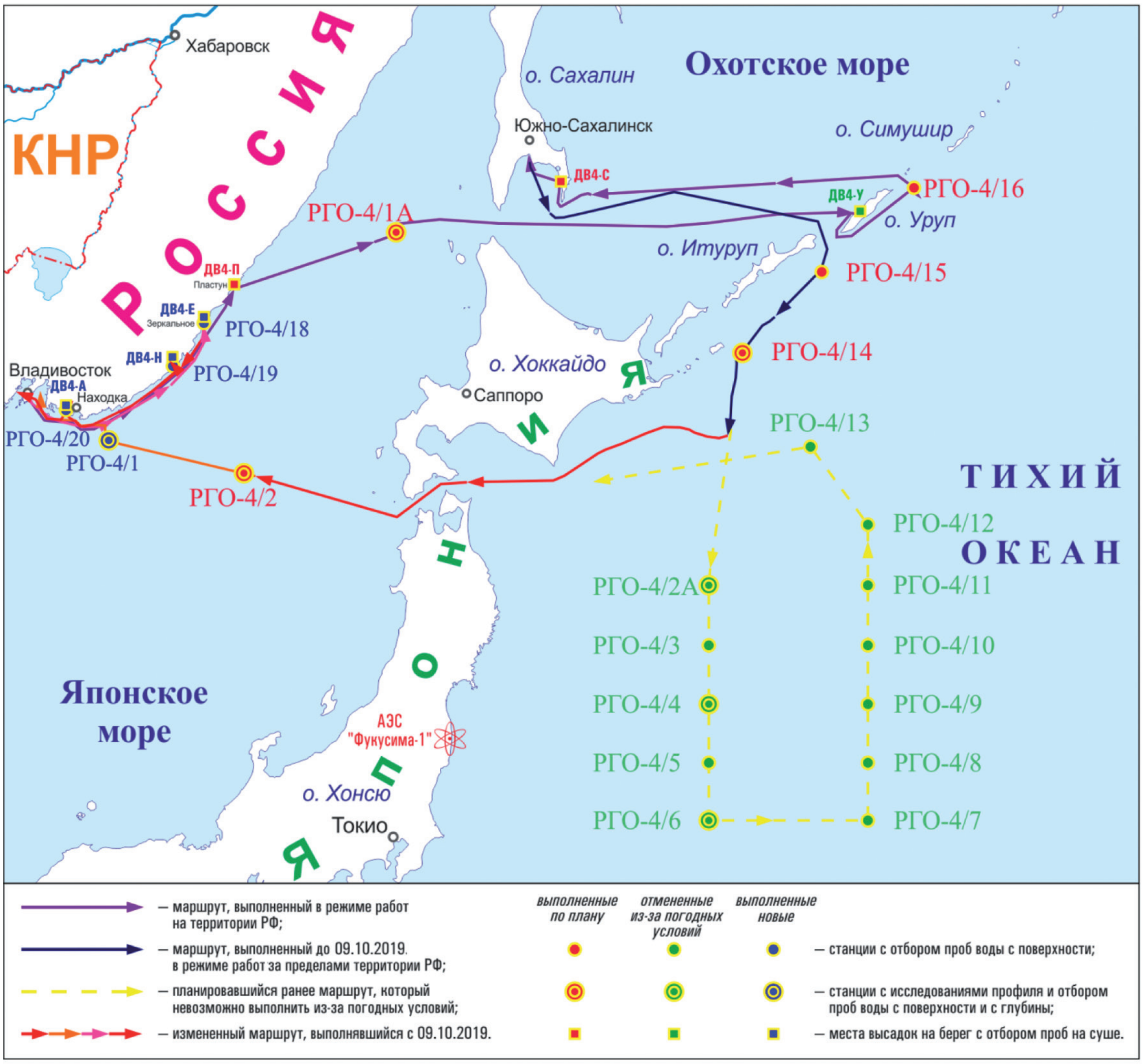

Рис. 1. Карта маршрута экспедиции с указанием точек отбора проб
[Fig. 1. Map of the expedition route with the indicated sampling points]

Краткие итоги четвертой комплексной научной экспедиции РГО (данные Роспотребнадзора)

К сожалению, из-за погодных условий не удалось реализовать план четвертой комплексной многопрофильной экспедиции РГО по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана по программе «Научно-исследовательской экспедиции по изучению последствий аварии на АЭС «Фукусима-1»». С самого начала сильные шторма привели к изменению маршрута экспедиции, не давая возможности УПС «Профессор Хлюстин» выйти в открытое море. В этой связи были назначены новые станции отбора проб и высадки на берег в Приморском крае, представленные на рисунке 1. Несмотря на несколько попыток, выйти в Тихий океан к востоку от места расположения аварийной АЭС «Фукусима-1» не удалось из-за тайфуна «Хагибис».

Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма–излучения (МАЭД)

Измерения МАЭД гамма-излучения проводились на палубе и в каютах УПС «Профессор Хлюстин» в течение всей экспедиции, а также при высадке на берег в Приморском крае и о. Сахалин в местах отбора проб, с помощью портативного универсального дозиметра-радиометра МКС АТ-1125 (производства «Атомтех», Республика Беларусь). МАЭД на палубе и в каютах УПС «Профессор Хлюстин» в течение всей экспедиции составила в среднем 0,015 мкЗв/ч, при максимальном значении 0,03 мкЗв/ч, в точках отбора проб в местах высадки на берег – 0,07 мкЗв/ч и 0,15 мкЗв/ч соответственно. Данные значения МАЭД гамма-излучения соответствуют фоновым значениям.

Активность проб аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха

В ходе экспедиции специалистами из ФГУП «НПО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина» при помощи фильтровоздушной установки производился отбор проб аэрозолей приземного слоя атмосферного воздуха в объеме от 11 000 м^3 до 25 000 м^3 для определения техногенных и природных радионуклидов. В качестве фильтров использовалась ткань Петрянова. После отбора проб аэрозолей фильтры (всего 19) передавались специалисту Роспотребнадзора для проведения оперативных измерений на борту УПС «Профессор Хлюстин». Оперативное измерение гамма-излучающих радионуклидов в фильтрах проводилось с помощью полевого электроохлаждаемого полупроводникового гамма-спектрометра с детектором из особо чистого германия TSP-DX-100T-PAC-PKG-1 фирмы ORTEC (США). Для снижения фонового воздействия детектор и проба помещались в свинцовую защиту (рис. 2). Длительность измерений для каждой пробы составляла от 18 000 до 25 200 с (от 5 до 7 ч); образец спектра представлен на рисунке 3. Анализ спектров 19 фильтров показал, что в аэрозолях приземного слоя атмосферного воздуха, отобранных по маршруту экспедиции, преобладающими являются природные радионуклиды и ^{7}Be космогенного происхождения, а незначительные количества ^{137}Cs, обнаруженные в спектрах фильтров, сопоставимы по амплитуде с уровнями, регистрируемыми в фоновых спектрах (без фильтра).

Рис. 2. Полевой электроохлаждаемый полупроводниковый гамма-спектрометр с детектором из особо чистого германия TSP-DX-100T-PAC-PKG-1 со свинцовой защитой во время проведения измерений
[Fig. 2. Field electrically cooled semiconductor gamma-spectrometer with high purity germanium detector -DX-100T-PAC-PKG-1 with the lead shielding during the measurements]

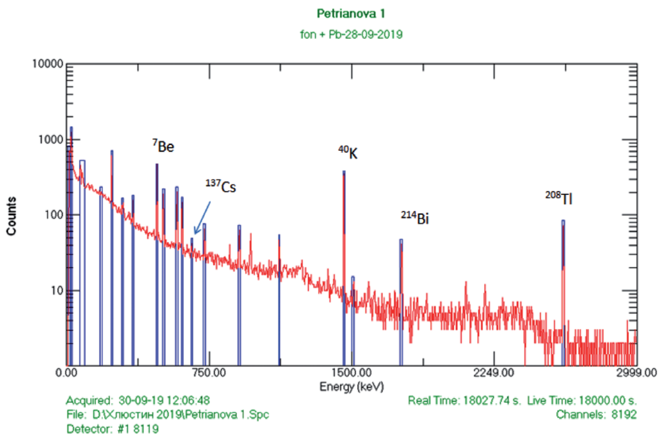

Рис. 3. Спектр фильтра № 1 (на рисунке видны пики дочерних радионуклидов из семейств распада урана и тория, ^{40}K, ^{7}Be космогенного происхождения и ^{137}Cs)
[Fig. 3. Spectum of the filter #1. Peaks of the daughter nuclides of the uranium and thorium series, ^{40}K, ^{7}Be of cosmogenic origin, and ^{137}Cs are visible on the spectrum]

Содержание радионуклидов в пробах гидробионтов, водорослях, почве и наземной растительности

Предварительное спектрометрическое исследование проб объектов окружающей среды, выполненное непосредственно на борту УПС «Профессор Хлюстин», показало отсутствие техногенных радионуклидов в исследованных образцах выше уровней глобальных выпадений. Все пробы для дальнейшего исследования были доставлены в радиохимическую лабораторию ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева».

Радиохимическое исследование проб окружающей среды проводилось по «Методике выполнения измерений удельной активности цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевой и сельскохозяйственной продукции, почвы и других объектов внешней среды» (свидетельство

Таблица 1

Результаты радиохимических исследований проб объектов окружающей среды, отобранных в ходе проведения четвертой экспедиции РГО

[Table 1

Results of the radiochemical analysis of the environmental samples, collected during the fourth expedition of RGO]

№	Точка отбора проб в соответствии с картой маршрута [Sampling point according to the route map]	Наименование пробы (место отбора) [Name of sample (place of sampling)]	Активность ^{137}Cs, Бк/кг [^{137}Cs activity concentration Bk/kg]	Активность ^{90}Sr, Бк/кг [^{90}Sr activity concentration Bk/kg]
1	ДВ4-С	Рыба Терпуг (*Hexagrammidae*) (залив Анива) [Terpug fish (*Hexagrammidae*) (Aniva bay)]	0,56±0,17	0,13±0,04
2	ДВ4-Н	Рыба Бычок (*Gobiidae*) (бухта у мыса Низменный) [humped rock cod fish (*Gobiidae*) (cape Nyzmenniy bay)]	0,19±0,08	<0,05
3	ДВ4-С	Растение Лопух (*Arctium*) (берег залива Анива между Новиковым и Южным) [Burdock plant (*Arctium*) (coast of the Aniva bay between Novikov and Yuzhniy)]	0,25±0,10	0,34±0,10
4	ДВ4-С	Растение Полынь *(Artemisia)* (берег залива Анива между Новиковым и Южным) [sage plant *(Artemisia)*) (coast of the Aniva bay between Novikov and Yuzhniy)]	0,22±0,09	0,070±0,035
5	ДВ4-С	Растение Шиповник (*Rōsa*) (берег залива Анива между Новиковым и Южным) [briar plant (*Rōsa*) (coast of the Aniva bay between Novikov and Yuzhniy)]	0,52±0,16	0,19±0,07
6	ДВ4-Н	Растение Полынь *(Artemisia)* (берег к югу от мыса Низменный) [sage plant *(Artemisia)*) (coast to the south of cape Nyzmenniy]	0,090±0,045	0,58±0,17
7	ДВ4-П	Растение Вейник (*Calamagrostis*)(берег бухты Джигит, залив Рында) [Woodreed plant (*Calamagrostis*) (coast of Dzhigit creek, Rynda bay)]	<0,05	<0,05
9	ДВ4-А	Трава разная (берег бухты Подосенова у мыса Подосенова) [Grass (coast of Podosenova creek near cape Podosenov]	0,18±0,07	0,180±0,07
10	ДВ4-С	Водоросли Ламинария (*Laminaria*) (берег залива Анива между Новиковым и Южным) [Laminaria (*Laminaria*) (coast of the Aniva bay between Novikov and Yuzhniy)]	0,10±0,03	<0,05
11	ДВ4-Е	Водоросли Ламинария (*Laminaria*) (берег бухты Зеркальная) [Laminaria (*Laminaria*) (coast of Zerkalnaya creek)]	0,49±0,19	0,18±0,07
12	ДВ4-П	Высшая водная растительность (берег бухты Джигит, залив Рында) [Water plants (coast of Dzhigit creek, Rynda bay)]	0,14±0,06	0,06±0,03
13	ДВ4-Е	Высшая водная растительность (берег бухты Зеркальная) [Water plants (coast of Zerkalnaya creek]	0,11±0,04	0,090±0,045
14	ДВ4-Н	Грибы Опята (*Armillaria*) (берег к югу от мыса Низменный) [Honey fungus (*Armillaria*) (coast to the south of cape Nyzmenniy)]	8,7±1,7	2,04±0,41

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по техническому регулированию и метрологии № 1730/08 от 08 декабря 2008 г.), а также в соответствии с Методическими рекомендациями МР 2.6.1.0094-14 «Радиохимическое определение удельной активности цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах». Предварительно все пробы были взвешены, высушены и озолены при температуре не более 250 °С и без открытого огня. Результаты радиохимических исследования проб объектов внешней среды представлены в таблице 1.

Представленные в таблице 1 результаты показывают, что содержание ^{137}Cs в пробах рыб, морских водорослей и морской растительности находятся на уровне загрязнения, обусловленного глобальными выпадениями, в том числе и в пробе опят, отобранных к югу от мыса Низменный (Приморский край).

Результаты спектрометрических исследований ^{137}Cs в пробах почвы, отобранных в ходе проведения четвертой экспедиции РГО, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты спектрометрических исследований проб объектов окружающей среды, отобранных в ходе проведения четвертой экспедиции РГО

[Table 2

Results of the spectrometric analysis of the environmental samples collected during the fourth expedition of RGO]

№	Точка отбора проб в соответствии с картой маршрута [Sampling point according to the route map]	Наименование пробы (место отбора) [Name of sample (place of sampling)]	Активность ^{137}Cs, Бк/кг [^{137}Cs activity concentration Bk/kg]
1	ДВ4-Н3	Почва (лес на берегу к югу от мыса Низменный) [Soil (forest on the shore to the south of cape Nyzmenniy)]	37±8
2	ДВ4-Н8	Почва (лес к югу от мыса Низменный) [Soil (forest to the south of cape Nyzmenniy)]	30±9
3	ДВ4-Е4	Почва (берег бухты Зеркальная) [Soil (shore of the Zerkalnaya bay)]	37±11
4	ДВ4-Е7	Грунт песчаный (берег бухты Зеркальная) [Sand soil (shore of the Zerkalnaya bay)]	<3
5	ДВ4-Е9	Почва 2 (берег бухты Зеркальная) [Soil 2 (shore of the Zerkalnaya bay)]	20±7
6	ДВ4-П9	Грунт песчаный (пляж бухты Джигит, залив Рында) [Sand soil (beach of the Dzhigit creek, Rynda bay]	<3
7	ДВ4-А1	Почва (берег бухты Подосенова у мыса Подосенова) [Soil (coast of the Podosenova creek near Podosenova cape]	18±7
8	ДВ4-А4	Почва 2 (берег бухты Подосенова у мыса Подосенова) [Soil 2 (coast of the Podosenova creek near Podosenova cape]	16±7
9	ДВ4-А5	Грунт песчаный с литорали (берег бухты Подосенова у мыса Подосенова) [Littoral sand soil (coast of the Podosenova creek near Podosenova cape]	<3

Из таблицы 2 видно, что содержание ^{137}Cs во всех пробах почвы и грунта, отобранных в результате высадки на берег, находится на уровне глобальных выпадений.

Содержание трития в морской воде

В ходе экспедиции в 4 точках с разной глубины было отобрано 9 проб морской воды объемом 40 мл. Все пробы были доставлены в лабораторию экологии ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева». Исследования удельной активности трития проводились в соответствии с методикой выполнения измерений активности альфа-бета-излучающих радионуклидов в жидких пробах. Пробы морской воды подвергались дистилляции, аликвота дистиллята объемом 10 мл смешивалась с аналогичным объемом сцинтиллятора Optiphase. Измерение удельной активности трития в счетных образцах производилось на радиометре альфа-, бета- излучения «Quantulus 1220» (производство США). Результаты исследований представлены в таблице 3. Содержание трития во всех пробах морской воды было ниже 2 Бк/л (при времени измерения пробы 12 ч).

Таблица 3

Данные исследований проб морской воды на содержание трития

[Table 3

Results of the tritium concentration analysis in the sea water]

№	Точка отбора проб в соответствии с картой маршрута [Sampling point according to the route map]	Глубина, м [Depth, m]	Av, H-3, Бк/кг (л) [Av, H-3, Bk/kg (l)]
1	РГО 4/1	Поверхность [surface]	<2
2	РГО 4/1	187	<2
3	РГО 4/1А	Поверхность [surface]	<2
4	РГО 4/1А	200	<2
5	РГО 4/2	Поверхность [surface]	<2
6	РГО 4/2	260	<2
7	РГО 4/2	305	<2
8	РГО 4/14	Поверхность [surface]	<2
9	РГО 4/14	187	<2

Заключение

Четвертая комплексная многопрофильная научная экспедиция Русского географического общества по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана и изучению последствий для данного региона аварии на АЭС «Фукусима-1» (27 сентября – 18 октября 2019 г., учебно-производственное судно «Профессор Хлюстин») выполнила программу исследований по оценке содержания техногенных радионуклидов в объектах внешней среды в акватории Японского и частично Охотского морей. Установлено, что техногенных радионуклидов «фукусимского» происхождения во всех пробах объектов внешней среды, отобранных в результате высадки на берег (почва, наземная растительность), а также пробах рыб, морских водорослей и морской растительности, не выявлено. Следовательно, спустя 8 лет после аварии на АЭС «Фукусима-1» содержание техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды в акватории Японского и Охотского морей остается на уровне глобальных выпадений, а содержание трития в морской воде не превышает 2 Бк/л.

Благодарности

Авторы выражают благодарность участникам экспедиции, сотрудникам ФГУП «НПО «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина»» за помощь в отборе проб и полезное взаимодействие во время экспедиции.

Литература

1. The Fukushima Daiichi Accident Technical Volume 1. Description and Context of the Accident. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA). 226 p.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2015. The Fukushima Daiichi Accident. In: Technical Volume 4. Radiological Consequences. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA). 250 p.
3. UNSCEAR 2013. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I. Scientific Annex A. United Nations, New York, 2014. 311 p.
4. Романович И.К. и др. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации; под ред. академика РАМН Г.Г. Онищенко. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. 336 с.
5. Buesseler K. et al. Fukushima Daiichi–derived radionuclides in the ocean: transport, fate, and impacts // Annual review of marine science. 2017. Vol. 9. P. 173-203.
6. Sanial V. et al. Unexpected source of Fukushima-derived radiocesium to the coastal ocean of Japan // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2017. Vol. 114, No. 42. P. 11092-11096.
7. Pratama M.A. et al. Future projection of radiocesium flux to the ocean from the largest river impacted by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant // Scientific reports. 2015. Vol. 5. P. 8408.
8. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Боровой А.А., Велихов Е.П. Системный анализ причин и последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». М.: Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2018. 408 с. ISBN 978-5-9907220-5-7.
9. Аклеев А.В., Иванов В.К., Сазыкина Т.Г., Шинкарев С.М. Последствия ядерной аварии на АЭС «Фукусима-1» (обзор доклада НКДАР ООН 2013 г.) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2015. Т. 60, № 5. С. 12-24.
10. В Японии предложили варианты утилизации зараженной воды с «Фукусима -1»: http://fukushima-news.ru/news/v_japonii_predlozhili_varianty_utilizacii_zarazhjonnoj_vody_s_fukusima_1/2020-01-31-3325 (Дата обращения: 02.03.2020)
11. The Solution of stop the Contaminated Water and The Safety of Fishery Products at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (provisional translation) Dec. 2019 Fisheries Agency of Japan: https://www.jfa.maff.go.jp/e/inspection/attach/pdf/index-94.pdf (Дата обращения: 16.02.2020)
12. Высокое содержание цезия обнаружено в рыбе вблизи «Фукусимы»: http://fukushima-news.ru/news/vysokoe_soderzhanie_cezija_obnaruzheno_v_ rybe_vblizi_ fukusimy/2019-02-06-3281 (Дата обращения: 16.02.2020)
13. Madigan D.J., Baumann Z., Fisher N.S. Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. Vol. 109, No. 24. P. 9483-9486.
14. Domingo T. et al. Studying levels of Fukushima-derived radioactivity in sockeye salmon collected on the west coast of Vancouver Island // Radiation Physics and Chemistry. 2017. Vol. 140. P. 186-189.
15. Цезий с «Фукусимы» нашел короткий путь обратно: http://fukushima-news.ru/news/cezij_s_fukusimy_nashel_korotkij_put_obratno/2019-07-11-3300 (Дата обращения: 16.02.2020)
16. Никитин А.И., Рамзаев В.П., Осокин В.М. и др. Экспедиционные радиоэкологические исследования в Японском море и северо-западной части Тихого океана после аварии на АЭС «Фукусима-1»: предварительные результаты // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4, № 3. С. 14-35.

17. Библин А.М., Иванов С.А., Рамзаев В.П., Басалаева Л.Н. О некоторых результатах третьей комплексной многопрофильной экспедиции Русского Географического Общества по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском районе Тихого океана в 2014 г. // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 1. С. 62-66.
18. Ramzaev V., Barkovsky A., Goncharova Yu., Gromov A., Kaduka M., Romanovich I. Radiocesium fallout in the grasslands on Sakhalin, Kunashir and Shikotan islands due to Fukushima accident: the radioactive contamination of soil and plants in 2011 // Journal of Environmental Radioactivity. 2013. Vol. 118. P. 128-142.
19. Рамзаев В.П., Иванов С.А., Гончарова Ю.Н. и др. Исследование радиоактивного загрязнения морской биоты в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» // Радиационная гигиена. 2012. Т. 5, № 4. С. 5-11.
20. Онищенко Г.Г., Романович И.К., Барковский А.Н. и др. Радиационная обстановка в Дальневосточных субъектах Российской Федерации после аварии на АЭС «Фукусима-1» по данным весенне-летних обследований 2011 года // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4, № 3. С. 7-13.
21. Онищенко Г.Г., Репин В.С., Романович И.К. Оценка радиационных рисков вследствие потребления дальневосточной промысловой рыбы после аварии на АЭС «Фукусима-1» // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 1. С. 5-15.
22. Онищенко Г.Г., Романович И.К., Балонов М.И. и др. Авария на АЭС «Фукусима-1»: Первые итоги аварийного реагирования. Сообщение 1: общие сведения об аварии и радиационной обстановке // Радиационная гигиена. 2011. Т.4, № 2. С. 5-12.

Поступила: 26.02.2020 г.

Онищенко Геннадий Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, Москва, Россия

Попова Анна Юрьевна – доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

Романович Иван Константинович – доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: i.romanovich@niirg.ru

Иванов Сергей Анатольевич – младший научный сотрудник радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Библин Артём Михайлович – руководитель информационно-аналитического центра – старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Репин Виктор Степанович – доктор биологических наук, руководитель отдела здоровья Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Варфоломеева Ксения Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Иванов С.А., Библин А.М., Репин В.С., Варфоломеева К.В. О четвертой комплексной научной экспедиции по мониторингу радиационной обстановки в Курило-Камчатском регионе Тихого океана // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 1. С. 6–15. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-6-15

Results of the fourth combined scientific expedition for the radition monitoring in the Kurily-Kamchatka region of the Pacific ocean

Gennadiy G. Onischenko[1,4], Anna Yu. Popova[2,5], Ivan K. Romanovich[3], Sergey A. Ivanov[3], Artem M. Biblin[3], Viktor S. Repin[3], Kseniya V. Varfolomeeva[3]

[1]Russian academy of sciences, Moscow, Russia

[2] Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Moscow, Russia

[3]Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

[4]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

[5]Russian Medical Academy of the Continuous Professional Education, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

This paper continues the series of publications on evaluation of the consequences of the Fukushima-1 nuclear power plant accident and the impact of the emergency radionuclide discharges on the contamination of the sea biota and coastal areas of the Far-East regions. In autumn 2019, the fourth scientific expedition of the Russian geographic society on the monitoring of the radiation situation in Kurily-Kamchatka region was performed on the training vessel «Professor Khlyustin». The expedition included 9 specialists from non-commercial organization «Polar research Fund «Polar Fund», «Russian state hydrometeorological institute», «Radium institute after V.G. Khlopin» of the State Corporation «Rosatom», «Kurchatov institute», «Saint-Petersburg research institute of radiation hygiene after prof. P.V. Ramzaev» and «Marine state university after admiral G.I. Nevelsky». The aim of the fourth expedition was to evaluate the radiation situation in the Sea of Japan and Kurily-Kamchatka region after the Fukushima-1 NPP accident as a continuation of the similar marine expeditions in 2011, 2012 and 2014. The survey was performed in the water area of the sea of Japan and Okhotsk sea. The results indicate that the concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in sea water, hydrobionts, soil, ground and sea vegetation is still on the baseline level due to the global fallouts.

Key words: *marine expedition, Russian geographic society, Fukushima-1 NPP, radiation accident, radiation situation, ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{90}Sr, ^{3}H, objects of the environment.*

References

1. The Fukushima Daiichi Accident Technical Volume 1. Description and Context of the Accident. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA). 226 p.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2015. The Fukushima Daiichi Accident. In: Technical Volume 4. Radiological Consequences. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA). 250 p.
3. UNSCEAR 2013. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I. Scientific Annex A. United Nations, New York, 2014. 311 p.
4. Romanovich IK, et al. Fukushima-1 NPP accident: management of the prophylactic actions aimed at the preservation of the health of the public in the Russain Federation. Ed. by Academic of RAMS Onischenko G.G. Saint-Petersburg: NIIRG after prov P.V. Ramzaev. 2012: 336 p. (In Russian)
5. Buesseler K, et al. Fukushima Daiichi–derived radionuclides in the ocean: transport, fate, and impacts. *Annual review of marine science*. 2017;9: 173-203.
6. Sanial V, et al. Unexpected source of Fukushima-derived radiocesium to the coastal ocean of Japan. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017;114(42): 11092-11096.
7. Pratama MA, et al. Future projection of radiocesium flux to the ocean from the largest river impacted by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Scientific reports*. 2015;5: 8408.
8. Arutunyan RV, Bolshov LA, Borovoy AA, Velikhov EP. System analysis of the sources and consequences of Fukishima-1 NPP accident. Institute of the problems of the safe development of the nuclear energy of RAS. Moscow. 2018: 408. ISBN 978-5-9907220-5-7. (In Russian)
9. Akleev AV, Ivanov V, Sazykina TG, Shinkarev SM. Consequences of the Fucushima-1 NPP accident (overview of the 2013 UNSCEAR report). *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety*. 2015;60(5): 12-24. (In Russian)
10. Options of utilization of the contaminated water from Fukushima-1 were proposed in Japan. – Available from: http://fukushima-news.ru/news/v_japonii_predlozhili_varianty_utilizacii_zarazhjonnoj_ vody_s_fukusima_1/2020-01-31-3325 [Accessed 02 March 2020] (In Russian)
11. The Solution of stop the Contaminated Water and The Safety of Fishery Products at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (provisional translation) Dec. 2019 Fisheries Agency of Japan. – Available from: https://www.jfa.maff.go.jp/e/inspection/attach/pdf/index-94.pdf [Accessed 16 February 2020]
12. High concentration of cesium was determined in fish near "Fukushima". – Available from: http://fukushima-news.ru/news/vysokoe_soderzhanie_cezija_obnaruzheno_v_ rybe_vblizi_ fukusimy/2019-02-06-3281 [Accessed 16 February 2020] (In Russian)

Ivan K. Romanovich
Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev
Address for correspondence: Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

13. Madigan DJ, Baumann Z, Fisher NS. Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012;109(24): 9483-9486.
14. Domingo T, et al. Studying levels of Fukushima-derived radioactivity in sockeye salmon collected on the west coast of Vancouver Island. *Radiation Physics and Chemistry*. 2017;140: 186-189.
15. Cesium from Fukushima found a short way back". – Available from: http://fukushima-news.ru/news/cezij_s_fukusimy_nashel_korotkij_put_obratno/2019-07-11-3300 [Accessed 16 February 2020] (In Russian)
16. Nikitin AI, Ramzaev VP, Osokin VM, Sergeev AS, Sevastyanov AV, Aliev RA, et al. Radioecological investigations in the sea of Japan and the North-West part of the Pacific ocean after the accident at the NPP "Fukushima-1" in Japan: preliminary results. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(3): 14-35. (In Russian)
17. Biblin AM, Ivanov SA, Ramzaev PV, Basalaeva LN. Some results of the third complex multidisciplinary expedition of the Russian geographical society for monitoring of the radiation situation in the Kuril-Kamchatka area of the Pacific ocean, 2014. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(1): 62-66. (In Russian)
18. Ramzaev V, Barkovsky A, Goncharova Yu, Gromov A, Kaduka M, Romanovich I. Radiocesium fallout in the grasslands on Sakhalin, Kunashir and Shikotan islands due to Fukushima accident: the radioactive contamination of soil and plants in 2011. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2013;118: 128-142.
19. Ramzaev VP, Ivanov SA, Goncharova YuN, Vishnyakova NM, Sevastyanov AV. A study of radioactive contamination of marine biota after the Fukushima accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2012;5(4): 5-11. (In Russian)
20. Onischenko GG, Romanovich IK, Barkovsky AN, Bruk GY, Gorsky AA, Stepanov VS. Radiation situation in the far eastern regions of the Russian Federation on the basic of spring and summer surveys in 2011. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(3): 7-13. (In Russian)
21. Onish**c**henko GG, Repin VS, Romanovich IK. Radiation risks assessment due to consumption of the far east food fish after the accident on "Fukushima-1" NPP. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(1): 5-15. (In Russian)
22. Onischenko GG, Romanovich IK, Balonov MI, Barkovsky AN, Gorsky AA. Accident at «Fukushima-1» NPP: First results of emergency response. Report 1: general information about the accident and radiation situation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(2): 5-12. (In Russian)

Received: February 26, 2020

Gennadiy G. Onischenko – Doctor of Medical Science, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Anna Yu. Popova – Doctor of Medical Science, Professor, Head, the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Moscow, Russia

For correspondence: Ivan K. Romanovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V Ramzaev , Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru)

Sergey A. Ivanov – junior research scientist, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V Ramzaev , Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Artem M. Biblin – head of the information-analytical center – senior research scientist, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V Ramzaev , Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Viktor S. Repin – doctor of biological sciences, head of the department of health, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V Ramzaev , Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Kseniya V. Varfolomeeva – junior research scientist, laboratory of ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V Ramzaev , Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Onischenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K., Ivanov S.A., Biblin A.M., Repin V.S., Varfolomeeva K.V. Results of the fourth combined scientific expedition for the radition monitoring in the Kurily-Kamchatka region of the Pacific ocean. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020. Vol. 13, No 1. P. 5-15. (In Russian).
DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-6-15