

**Н.К. Шандала¹, Д.В. Исаев¹, А.В. Титов¹, В.А. Серегин¹, С.М. Киселев¹,
М.П. Семенова¹, А.А. Филонова¹, Н.Я. Новикова¹, И.Г. Лазарева²,
Н.Г. Бирюкова²**

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ
ОАО ДВЗ «ЗВЕЗДА»**

**N.K. Shandala¹, D.V. Isaev¹, A.V. Titov¹, V.A. Seregin¹, S.M. Kiselev¹,
M.P. Semenova¹, A.A. Filonova¹, N.Ya. Novikova¹, I.G. Lazareva²,
N.G. Biryukova²**

Radiation Survey around the «Zvezda» Plant in the Russian Far East

РЕФЕРАТ

Цель: Получить данные о радиационной обстановке в районе расположения Открытого акционерного общества «Дальневосточный завод “Звезда”» после завершения основного этапа утилизации атомных подводных лодок.

Материал и методы: При проведении обследования радиационной обстановки в районе расположения Открытого акционерного общества «Дальневосточный завод “Звезда”» использовались методы пешеходной гамма-съемки, гамма-спектрометрических измерений радионуклидов в объектах окружающей среды с помощью стационарного гамма-спектрометра, радиохимических выделений радионуклидов с последующим измерением их активности на радиометрических установках.

Результаты: Обследования проведены в 2011–2012 гг. Получены данные о мощности дозы гамма-излучения на территории города Большой Камень и на соседних территориях, удельной активности радионуклидов в почве, пищевых продуктах и данные о содержании радионуклидов в объектах морской среды (водоросли, донные отложения, морская вода) прибрежной акватории бухт Большой Камень, Суходол и Андреева.

Выводы: Достоверного влияния работ по утилизации атомных подводных лодок на радиационную обстановку на территории в районе расположения Открытого акционерного общества «Дальневосточный завод “Звезда”» не выявлено.

Ключевые слова: атомные подводные лодки, утилизация, радиационное обследование, гамма-излучение, удельная активность

ABSTRACT

Purpose: To obtain data on the radiation situation around JSC Zvezda Far Eastern Yard after completion of the main stage of nuclear submarine Decommissioning & Dismantlement (D&D) operations.

Material and methods: For the purpose of the radiation survey around JSC Zvezda Far Eastern Yard we used methods of foot gamma shooting, gamma-spectrometric measurements of radionuclides in the environmental media using stationary gamma spectrometer, radiochemical separation of radionuclides, followed by radiometric measurement of the radionuclide activity.

Results: The survey was carried out in 2011–2012. The received results include: gamma dose rates in the area of Bolshoy Kamen city and in its vicinity; specific activities of radionuclides in soil and foodstuffs; and radionuclide concentrations in the marine environmental media (such as seaweeds, bottom sediments, marine fish) of the coastal water area of Bolshoy Kamen, Sukhodol and Andreyeva Bays.

Conclusions: Significant impact of nuclear submarines' D&D operations on the radiation situation within the territory in the area of JSC Zvezda Far Eastern Yard is not revealed.

Key words: nuclear submarines, recycle, radiation examination, gamma radiation, the specific activity

Введение

Открытое акционерное общество «Дальневосточный завод “Звезда”» (далее ОАО ДВЗ «Звезда») расположено на восточном побережье Уссурийского залива вдоль южного, восточного и северного берегов бухты Большой Камень в городе Большой Камень Приморского края.

В соответствии с МУ 2.6.1.2005–05 [1] для объектов ОАО ДВЗ «Звезда» установлена I категория потенциальной опасности радиационных объектов. В зону наблюдения (ЗН) входит территория города Большой Камень. Численность населения в ЗН – 39195 человек, большинство из которых являются жителями города.

С 1962 г. завод специализировался на ремонте и переоборудовании атомных подводных лодок (далее АПЛ) и кораблей с ядерно-энергетическими установками, с 1990-х гг. это – основное предприятие по утилизации АПЛ на Дальнем Востоке. Наиболее интенсивные работы по утилизации АПЛ проводились с 1999 по 2011 гг. За этот период было утилизировано более 85 % выведенных из эксплуатации АПЛ Дальневосточного региона, в том числе две аварийные АПЛ.

Цель работы – изучение радиационной обстановки в районе расположения ОАО ДВЗ «Звезда» после завершения основного этапа утилизации атомных подводных лодок.

¹ Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: titov_fmbc@mail.ru

² Центр гигиены и эпидемиологии № 98 ФМБА России, Большой Камень, Приморский край

¹ A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: titov_fmbc@mail.ru

² Center for Hygiene and Epidemiology № 98 FMBA of Russia, Bolshoy Kamen, Primorsky Region, Russia

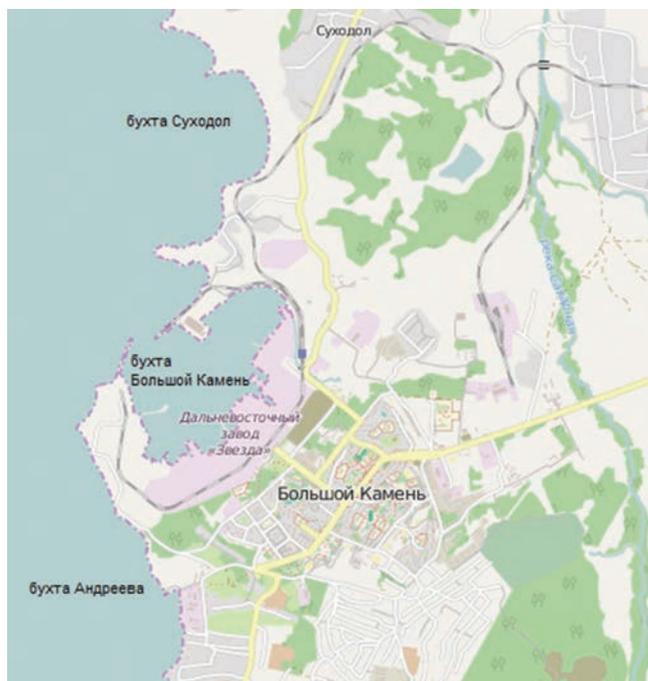


Рис. 1. Обследованная территория

В данной работе представлены результаты радиационных исследований, проведенных на территории и в прибрежной акватории в районе расположения ОАО ДВЗ «Звезда» (см. рис. 1) и в фоновом районе (поселок Волчанец), расположенном в 40 км от ОАО ДВЗ «Звезда», с целью оценки влияния проведенных работ по утилизации АПЛ на радиационную обстановку.

Материал и методы

Исследование радиационной обстановки проводилось в 2011–2012 гг. на территории города, близлежащих территориях и в фоновом населенном пункте поселок Волчанец, а также в акватории бухты Большой Камень и близлежащих бухтах. В процессе исследований проводились измерения:

- мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения;
- удельной активности радионуклидов в почве;
- удельной (объемной) активности радионуклидов в пищевых продуктах местного производства (картофель, корнеплоды и молоко);
- объемной (удельной) активности радионуклидов в объектах морской среды (морская вода, донные отложения и водная растительность);

Отбор проб почвы, объектов морской среды и пищевых продуктов проводился с учетом методических рекомендаций [2].

Точки отбора проб почвы располагались равномерно по площади исследуемой территории на участ-

ках с ненарушенным почвенным покровом. Пробы массой 1 кг отбирались из поверхностного пятисантиметрового слоя.

Пробы морской воды и водорослей отбирались на прибрежной акватории. Отбор средней пробы морской воды производился путем выемки на расстоянии 1–2 м от берега в течение установленного времени (10–20 мин) одинаковых по объему проб воды (5,0 л) до необходимого объема суммарной пробы (20 л). Отбор проводился на участках прибрежной акватории, свободной от водной растительности и других предметов, прикосновение к которым могло бы привести к взмучиванию воды.

Воздушно-сухой вес отбираемых проб водорослей составлял около 1 кг.

Донные отложения отбирались специальным пробоотборником из поверхностного пятисантиметрового слоя. Масса воздушно-сухой пробы, отобранной в каждой точке, составляла 0,5–1,0 кг.

В качестве реперных пищевых продуктов, характеризующих особенности загрязнения местной продукции, и потребление которых дает основной вклад в дозу внутреннего облучения населения, принимались молоко, корнеплоды и картофель.

Пробы пищевых продуктов были отобраны из приусадебных хозяйств населения г. Большой Камень, ближайших населенных пунктов (поселки Нахаловка и Андреево) и поселка Волчанец. Из каждого приусадебного хозяйства отбиралось по 1 кг (л) проб пищевого продукта, которые объединялись в суммарные пробы по 5 кг (л) для проведения дальнейшего анализа.

Измерения активности ^{137}Cs и других гамма-излучающих радионуклидов в отобранных пробах почвы, донных отложений и водорослей проводились гамма-спектрометрическим методом на гамма-спектрометре В10188 с блоком детектирования ВЕ5030 фирмы CANBERRA b10188. Масса счетного образца, геометрия и продолжительность его измерения выбирались таким образом, чтобы погрешность измерения активности ^{137}Cs и ^{60}Co в образце не превышала 10 %. Если при времени измерения счетного образца до 48 ч требуемая погрешность не достигалась, то удельной активности радионуклида приписывалось значение «менее минимально-детектируемой активности (далее МДА)». Значения МДА определялись по методу Курье (расчет МДА входит в состав программы обработки гамма-спектров на используемом спектрометре).

Определение удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в пробах пищевых продуктов и морской воде проводилось на радиометрических установках УМФ-2000 после радиохимического выделения радионуклидов в соответствии с методическими указаниями [3–5].

Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (далее мощность дозы гамма-излучения) на территории исследовалась методом непрерывной пешеходной и автомобильной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» (НПО «Амплитуда»), позволяющего проводить гамма-сканирование открытых площадей с привязкой к географическим координатам с использованием глобальной навигационной системы GPS.

Маршрут движения при измерениях в г. Большой Камень и его окрестностях показан на рис. 2.

Результаты и обсуждение

Радиационная обстановка на территории

Результаты измерения мощности дозы гамма-излучения на открытой местности приведены на рис. 2 и в табл. 1.

Таблица 1

Мощность дозы гамма-излучения в районе расположения ОАО ДВЗ «Звезда» и в фоновом районе (поселок Волчанец)

Место измерений	Мощность дозы, мкЗв/ч		
	Среднее	Минимальное значение	Максимальное значение
Территория г. Большой Камень	0,10	0,08	0,13
Район бухты Андреева	0,10	0,09	0,11
Район бухты Суходол	0,10	0,086	0,10
Поселок Волчанец	0,11	0,04	0,23

Полученные значения мощности дозы гамма-излучения на обследуемых территориях находятся в пределах вариации естественного радиационного фона Приморского края (0,08–0,25 мкЗв/ч [6]). Мощность дозы гамма-излучения на территории города, как и на других близлежащих территориях определяется в основном содержанием естественных радионуклидов в почве (средние значения удельной активности ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в почве на территории г. Большой Камень составляют 620, 38 и 48 Бк/кг соответственно).

Мощность дозы гамма-излучения в жилых помещениях города варьируется в пределах от 0,08 до 0,18 мкЗв/ч в многоэтажных домах (среднее значение 0,15 мкЗв/ч). В одноэтажных деревянных домах среднее значение мощности дозы составляет 0,09 мкЗв/ч. Разница в значениях мощности дозы в жилых помещениях и на открытой местности существенно ниже допустимого значения 0,3 мкЗв/ч, установленного в НРБ-99/2009 [7].

Результаты измерения проб почвы на территории в районе расположения ОАО ДВЗ «Звезда» и в фоновом населенном пункте приведены в табл. 2.



Рис. 2. Мощность дозы гамма-излучения на территории в районе расположения ОАО ДВЗ «Звезда» и в г. Большой Камень

Таблица 2

Содержание ^{137}Cs в почве (диапазоны значений)

Место отбора пробы	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг
г. Большой Камень	0,5–20
Южный мол	0,85
Северный мол	2,5
Бухта Андреева	<1,0–2,9
Бухта Суходол	<1,0–16
Поселок Волчанец	1,4–8,1

Максимальное содержание ^{137}Cs зафиксировано в пробе почвы, отобранной на территории города в 100 м от проходной ОАО ДВЗ «Звезда».

Следует отметить, что уровни удельной активности ^{137}Cs в несколько десятков Бк/кг имеют место на локальных участках и в других районах. Например, в поселке Душкино, расположенном на расстоянии 35 км от ОАО ДВЗ «Звезда» по прямой, удельная активность ^{137}Cs в почве варьируется в пределах от 7,5 до 42 Бк/кг.

Результаты измерений ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах пищевых продуктов в сравнении с пробами из фонового населенного пункта Волчанец представлены в табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, достоверного различия по содержанию радионуклидов в пробах из города Большой Камень и поселка Волчанец не наблюдается. Приведенные в табл. 3 уровни загрязнения

Таблица 3

Удельная активность радионуклидов в пищевых продуктах местного производства (диапазоны значений)

Вид пробы	Удельная активность, Бк/кг(л)			
	Большой Камень		Волчанец	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Картофель	0,013–0,53	0,050–0,13	0,06–0,08	0,07–0,1
Корнеплоды	<0,03–0,19	<0,05–0,21	0,01–0,14	0,05–0,24
Молоко	0,12–0,24	0,073–0,10	0,01–0,44	0,10–0,13

Таблица 4

Результаты исследования донных отложений

Место отбора	Удельная активность, Бк/кг воздушно сухого веса			
	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co
	2011 г.		2012 г.	
Бухта Большой Камень				
Глубоководный пирс	10–12	2,0–4,0	4,2*	0,32
Хозяйственный пирс	11	0,99	3,4–20	<0,3–1,5
Пирс КВД	17	1,3	8,0–13	0,37
Середина бухты	9,3	0,82	4,8–8,6	<0,4–2,5
Спецпрачечная	–	–	16–23	0,83
Район северного мола	2,8–4,7	<0,4	1,7–7,5	<0,2–1,7
Остальные участки бухты	3,9–20	<0,23–3,7	7,0–9,0	1,8–2,5
Другие обследованные бухты				
Бухта Суходол	0,76	–	0,94	<0,23
Бухта Андреева	0,25	<0,2	0,50	<0,26
Бухта Руднева (27 км от ОАО ДВЗ «Звезда»)	<0,35	–	–	–

Примечание: * – результаты измерения объединенной пробы, состоящей из точечных проб, отобранных на данном участке акватории бухты

пищевых продуктов существенно ниже допустимых, установленных в СанПиН 2.3.2.1078–01 [8].

Морская среда

По данным работы [9] многолетняя производственная деятельность ОАО ДВЗ «Звезда» по ремонту и переоборудованию АПЛ и кораблей с ядерно-энергетическими установками привела к радиоактивному загрязнению значительной части бухты Большой Камень. В отдельные годы (1975, 1979, 1981) содержание техногенных радионуклидов в морской воде возрастало в десятки раз по сравнению с предыдущими годами. В бухте Большой Камень имеет место локальное загрязнение донных отложений, в зависимости

Таблица 5

Динамика удельной активности радионуклидов в донных отложениях бухты Большой Камень

Характеристика	Удельная активность, Бк/кг					
	¹³⁷ Cs			⁶⁰ Co		
	1985 г. [9]	1990 г. [9]	2011–2012 гг.	1985 г. [9]	1990 г. [9]	2011–2012 гг.
Диапазон варьирования	41–666	48–292	2,1–23	22–185	30–555	0,82–4,0
Средняя*	204±100	111±50	9,9±6,5	92±40	180±70	2,0±1,0

Примечание: * – здесь и в таблице 6 указаны средние значения удельной активности и среднеквадратичного отклонения

от места проведения основных работ, которые сопровождалась сбросом радиоактивных веществ. Так в 1985–1990 гг. наибольшие концентрации ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co наблюдались в районе хозяйственного и глубоководного пирсов. При этом на участке вдоль причальной стенки длиной 200 м концентрация техногенных радионуклидов в донных отложениях отличалась от одной точки отбора проб к другой в десятки – сотни раз. Повышенные концентрации радионуклидов отмечены также в местах, где в 1991–1992 гг. стояли аварийные плавучая мастерская ПМ-80 и танкер ТНТ-5, а также в районе сброса сточных вод спецпрачечной. Локальные участки донных отложений с повышенным в десятки и сотни раз содержанием долгоживущих радионуклидов образовывались в местах проведения перезарядки активных зон реакторов на плаву [9].

В табл. 4 приведены значения удельной активности радионуклидов или диапазоны значений в донных отложениях в прибрежной акватории различных бухт, полученные в результате исследований в 2011–2012 гг.

Как видно из приведенных в табл. 4 данных, неравномерное загрязнение донных отложений по дну бухты Большой Камень сохраняется до настоящего времени. Наибольшее содержание ¹³⁷Cs наблюдается в районе спецпрачечной. В целом загрязнение донных отложений бухты Большой Камень существенно выше, чем в близлежащих бухтах. В то же время загрязнение бухты Большой Камень ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co значительно снизилось по сравнению с 90-ми годами прошлого столетия (см. табл. 5). В соответствии с критериями, приведенными в ОСПОРБ-99/2010 [10], в настоящее время донные отложения не относятся к твердым радиоактивным отходам.

В табл. 6 представлены данные о содержании радионуклидов в пробах водорослей, отобранных в бухте Большой Камень (в районе северного и южного молов) и в соседних бухтах Андреева и Суходол.

Согласно работе [9], в 2000–2003 гг. удельная активность ¹³⁷Cs в водорослях бухты Большой Камень составляла 6–7 Бк/кг. За 9 лет удельная активность ¹³⁷Cs в водорослях снизилась более чем в 6 раз, но при этом остается выше, чем в соседних бухтах Суходол и Андреева и в фоновой бухте Руднева.

Таблица 6

**Удельная активность радионуклидов
в водорослях**

Год отбора	Место отбора	Удельная активность, Бк/кг воздушно-сухого веса	
		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
2011	Северный Мол	1,0±0,24	0,66±0,19
2012	Северный Мол	0,12±0,05	0,28±0,08
2011	Южный Мол	0,47±0,13	0,47±0,17
2011	Бухта Суходол	0,75±0,19	0,24±0,10
2012	Бухта Суходол	0,05±0,025	<0,05
2011	Бухта Андреево, пляж Вальтон	0,15±0,07	0,52±0,16
2012	Бухта Руднева	<0,4	—

Объемная активность ¹³⁷Cs в морской воде бухты Большой Камень в 2011 г. составляла менее 5 Бк/м³, что меньше, чем 8 Бк/м³ в 2002 г. [9], но при этом содержание ⁹⁰Sr оказалось несколько выше (9–10) Бк/м³ по сравнению с 5 Бк/м³ в 2002 г. В соседних бухтах содержание ⁹⁰Sr в морской воде составляет 11 Бк/м³ (Суходол) и менее 3 Бк/м³ (бухта Андреева).

Можно отметить два основных процесса, влияющих на содержание радионуклидов в объектах морской среды в бухте Большой Камень. Это сбросы радиоактивных веществ в бухту в результате производственной деятельности завода и самоочищение бухты в результате выноса радионуклидов за пределы бухты. Высокая степень водообмена в бухте обеспечивает вынос радионуклидов в Уссурийский залив с периодом полувыведения 2±1 года [9].

Результаты, приведенные в табл. 4–6, показывают, что, несмотря на сбросы радиоактивных веществ в период проведения работ по утилизации АПЛ, содержание техногенных радионуклидов объектах морской среды бухты существенно снизилось по сравнению с предыдущим периодом деятельности завода. Это дает основание считать, что процесс самоочищения бухты преобладал по сравнению с дополнительными сбросами радиоактивных веществ при утилизации АПЛ.

Выводы

Исследование радиационной обстановки в районе расположения ОАО ДВЗ «Звезда» показало следующее:

1. Крупномасштабные работы по утилизации АПЛ, проведенные в 2000-х гг., достоверного влияния на радиационную обстановку в г. Большой Камень не оказали.

2. Мощность дозы гамма-излучения на обследуемых территориях (0,10–0,13 мкЗв/ч) находится в пределах вариации естественного радиационного фона, характерного для Приморского края (0,08–0,25 мкЗв/ч).

3. Удельные активности долгоживущих техногенных радионуклидов в пищевых продуктах местного

производства (молоко, картофель, корнеплоды) варьируются в пределах от 0,013 до 0,53 Бк/кг по ¹³⁷Cs и от 0,05 до 0,21 Бк/кг по ⁹⁰Sr, и практически не отличаются от удельной активности в фоновом районе (0,01–0,44 Бк/кг по ¹³⁷Cs и 0,05–0,24 Бк/кг по ⁹⁰Sr).

4. Содержание радионуклидов в объектах морской среды в бухте Большой Камень (в донных отложениях до 20 Бк/кг по ¹³⁷Cs, в водорослях до 1 Бк/кг по ¹³⁷Cs и до 0,66 Бк/кг по ⁹⁰Sr) выше, чем в соседних бухтах (в донных отложениях до 0,94 Бк/кг по ¹³⁷Cs, в водорослях до 0,75 Бк/кг по ¹³⁷Cs и до 0,52 Бк/кг по ⁹⁰Sr), но существенно ниже, чем было в конце прошлого столетия. Таким образом, процесс самоочищения бухты от радионуклидов преобладал по сравнению с дополнительным загрязнением бухты от сбросов радиоактивных веществ при утилизации АПЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания. Установление категории потенциальной опасности радиационного объекта. МУ 2.6.1.2005–05. – М. 2005. 5 с.
2. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. Под ред. А.Н. Мареев и А.С. Зыковой. – М.: Минздрав СССР. 1980. 335 с.
3. МУК 4.3.2503–09 Стронций-90. Определение удельной активности в пищевых продуктах. ФР.1.31.2011.10330. Москва, 2009 г.
4. МУК 4.3. 2504–09 Цезий-137. Определение удельной активности в пищевых продуктах. ФР. 1.38.2003.00948. Москва, 2009 г.
5. МУК 2.6.1.033–2003 Стронций-90. Определение концентрации в почве экстракцией моноизооктиловым эфиром метилфосфоновой кислоты итрия-90. ФР. 1.31.2011.10329. Москва, 2003 г.
6. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае. Администрация Приморского края. Владивосток. 2012. 73 с.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523–09. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 100 с.
8. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078–01. – М.: ФГУП ИнтерСЭН. 2002.
9. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. – М.: ИздАТ. 2005. 624 с.
10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612–10. Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – М. 2010. 83 с.

Поступила: 17.09.2016

Принята к публикации: 16.11.2016