

УДК 546.42

В.А. ДРОЗД, К.С. ГОЛОХВАСТ

Мониторинг радиационного фона объектов городской инфраструктуры Владивостока

На основании оценки источников поступления радиоактивных загрязнений (атмосферного выпадения радионуклидов космического, искусственного и естественного происхождения, ввоза загрязненных товаров и транспортных средств, несанкционированного хранения радиоактивных предметов) проведен анализ радиологической обстановки во Владивостоке. Отмечено, что в 2014–2015 гг. на территории города мощность эквивалентной дозы находилась в пределах естественного радиационного фона 12–15 мкР/ч и не превышала допустимую норму для населения. Годовая эффективная доза облучения населения от всех источников ионизирующего излучения в расчете на 1 жителя составила 3,175 мЗв/год, что не превышает допустимую величину 5,0 мЗв/год. Мощность дозы гамма-излучения на открытой местности (природный радиационный фон) в среднем 0,13 мкЗв/ч, что не выше значения, характерного для Приморья. В структуре коллективных доз облучения населения, по-прежнему, наибольший вклад в дозу облучения населения края вносят природные (86,4 %) и медицинские (13,4 %) источники ионизирующего излучения; на долю техногенных источников приходится 0,2 %. Оценена радиационная опасность материалов, используемых в городском строительстве. Проведены замеры 31 объекта городской инфраструктуры, уровень радиационной дозы от которых варьирует от 0,09 до 0,40 мкЗв/ч. Аномальный для города радиационный фон (0,40–0,55 мкЗв/ч) дают гранитные памятники Борцам за власть Советов на Дальнем Востоке, К. Суханову и В. Баневуру. К увеличению радиационного фона приводит также использование облицовочной гранитной плитки.

Ключевые слова: гамма-излучение, дозиметрия, радиационная обстановка, источники поступления радионуклидов, радиационные аномалии, радиоактивное излучение гранита, радиация.

Monitoring of radiation background of urban infrastructure in Vladivostok. V.A. DROZD, K.S. GOLOKHVAST (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Based on the evaluation of sources of radioactive contamination in Vladivostok by atmospheric deposition of radionuclides of space, natural and artificial origin, import of contaminated goods and vehicles, and unauthorized possession of radioactive objects, radiological analysis in 2015 in comparison with other regions of Russia was conducted. It is noted that in the city of Vladivostok for the period 2014–2015, equivalent dose rate was in the range of natural background radiation of 12–15 $\mu\text{R/h}$, which does not exceed the norm for the people. The annual effective dose from all sources of ionizing radiation per 1 inhabitant was 3.175 mSv/year, which does not exceed the value of 5.0 mSv/year. The dose rate of gamma radiation in open areas (natural background radiation) does not exceed the value typical for Primorsky Territory, averaging 0.13 $\mu\text{Sv/h}$. In the structure of the collective doses to the population, as before, the greatest contribution to the edge of the irradiation dose of the population is made of natural (86.4 %) and medical (13.4 %) sources of ionizing radiation; it accounts for 0.2 % share of technogenic sources. The radiation danger of the construction materials used in the urban development is estimated. Radiation measurements of thirty one historical monument were conducted, the level of radiation dose varies from 0.09 to 0.40 $\mu\text{Sv/h}$. The highest radiation background have granite monuments to the Fighters for the Soviet Power in the Far East, K. Sukhanov and V. Baneverur constituting 0.40–0.55 $\mu\text{Sv/h}$. Using tiles leads to an increase in the radiation background of buildings.

Key words: gamma ray, dosimetry, radiation environment, sources of radionuclides, radiation anomalies, granite radiation, radiation.

ДРОЗД Владимир Александрович – аспирант, *ГОЛОХВАСТ Кирилл Сергеевич – доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по развитию Школы естественных наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в технике Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). *E-mail: golokhvast.ks@dvfu.ru

Контроль радиационного воздействия на население растущих мегаполисов и работников промышленных предприятий стал частью современной культуры всех развитых стран мира. Такой контроль с целью обеспечения радиационной безопасности населения необходим и в Приморском крае, в том числе во Владивостоке, поскольку эти территории, как известно, не относятся к «безъядерной зоне».

Создание системы радиационной безопасности любой территории предполагает получение достоверной информации об основных источниках поступления радионуклидов в объекты окружающей среды, формирующих общую радиационную коллективную дозу. Цель настоящей работы – выявить основные источники радиационного загрязнения в г. Владивосток среди объектов городской инфраструктуры и использованных в строительстве материалов.

Радиоэкологическая обстановка

Источниками возникновения и распространения радиоактивных загрязнений, способных формировать повышенные дозы радиации во Владивостоке, могут быть: 1) атмосферное выпадение радионуклидов космического, искусственного и естественного происхождения; 2) ввоз зарубежных товаров и транспортных средств, загрязненных радионуклидами; 3) несанкционированное складирование и хранение радиоактивных предметов; 4) использование строительных материалов, содержащих естественные радионуклиды – элементы уранового и ториевого рядов.

Основным переносчиком радионуклидов является атмосфера. Ее радиоактивная загрязненность в приземном слое определяется преимущественно запыленностью этого слоя, содержанием радионуклидов в почвогрунтах и скоростью их эманации с земной поверхности. По данным Государственной наблюдательной сети Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, осуществляющей радиационный мониторинг на Дальнем Востоке, на радиационную обстановку на отдельных территориях Приморского края наибольшее влияние оказывают зоны, прилегающие к месту аварии АПЛ в бухте Чажма (1985 г.), места базирования атомных судов ТОФ, промышленные площадки некоторых предприятий, расположенных на побережье зал. Петра Великого [2, 4]. Серьезную тревогу вызывает также наличие неутилизованных жидких радиоактивных отходов, накопившихся на заводе «Звезда» (г. Большой Камень). Однако силами Института химии ДВО РАН и Дальневосточного федерального университета на средства, выделенные в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 г., к 2018 г. планируется построить цех по их переработке с последующей утилизацией.

С 2011 г. Приморье и г. Владивосток в частности оказались в зоне потенциального воздействия последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». С воздушными массами с территории Японии сюда могут попадать ^{134}Cs , ^{137}Cs и ^{90}Sr . Тем не менее в результате исследований установлено, что радиоактивность атмосферных выпадений в 2014–2015 гг. была связана в основном с долгоживущими радионуклидами естественного происхождения (продуктами распада ^{238}U и ^{232}Th , ^{40}K и космогенным ^7Be). По Приморскому краю среднегодовая концентрация $\Sigma\beta$ -активности в приземном слое атмосферы составляла $1,94 \cdot 10^{-5}$ Бк/ м^3 , что ниже средневзвешенного значения объемной $\Sigma\beta$ -активности для территории Российской Федерации ($17,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/ м^3) и азиатской ее части ($22,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/ м^3). Возможно, это объясняется снижением с 2011 по 2014 г. среднегодовой концентрации ^{137}Cs в 26 раз [4].

Источником радиоактивных загрязнений могут быть товары и транспортные средства, ввозимые через морской порт Владивостока. По данным Приморского краевого управления Роспотребнадзора, таможенные службы постоянно сталкиваются с попытками незаконного перемещения через границу Российской Федерации товаров и транспортных средств, имеющих повышенный радиационный фон [5]. Только в 2010 г. было выявлено 3 584 таких случая.

Свою долю в формирование локальных участков с повышенной радиацией вносит несанкционированное хранение загрязненных радионуклидами предметов. Наиболее известным инцидентом стало обнаружение в 2012 г. на площади Борцам за власть Советов трех мешков с радиоизотопными сигнализаторами дыма РИД-1 и РИД-6М, излучение от которых в 40 раз превышало естественный радиационный фон [8]. В 2014 г. на территории края было зарегистрировано шесть радиационных происшествий, связанных с обнаружением неконтролируемых источников ионизирующего излучения. Три из них были обнаружены в партии металлолома на территории Владивостокского морского рыбного порта [4].

Наибольший вклад в дозу облучения населения края по-прежнему вносят природные (86,4 %) и медицинские (13,4 %) источники ионизирующего излучения; на долю техногенных источников приходится 0,2 % [3].

Если описанные выше источники формирования повышенных радиационных доз во Владивостоке постоянно контролируются, то объекты, при строительстве которых широко применялись строительные или облицовочные материалы–носители естественных радионуклидов, были исследованы недостаточно. Имелись лишь данные радиационного мониторинга некоторых объектов, расположенных на территории города (рис. 1) и о-ве Русский [1, 6]. Поэтому нами была поставлена задача осуществить мониторинг и выявить аномалии радиационного фона объектов городской инфраструктуры, включая исторические памятники и здания кампуса ДВФУ на о-ве Русский.



Рис. 1. Техногенные радиационные аномалии во Владивостоке, исследованные ранее [1]

Строительные материалы как источник радиационного воздействия

Замеры проводились при помощи дозиметра РМ 1203М, соответствующего требованиям методических указаний 2.6.1.2398-08 и 2.6.1.2838-11. Допустимая погрешность измерений $\pm 15\%$ [9, 10]. Мощность эквивалентной дозы (МЭД) оснований памятников, облицовочных материалов зданий и подземных переходов замерялась в непосредственной близости от исследуемой поверхности (не далее 10 см) с учетом уровня фонового излучения в районе мониторинга. Измерение радиационного фона проводилось также внутри зданий в центре помещений на высоте 1 м.

Всего в ходе исследования был измерен радиационный фон от 31 объекта городской инфраструктуры Владивостока (рис. 2 и 3). Для их подавляющего большинства МЭД варьирует от 0,10 (Аллея городов-побратимов) до 0,40 мкЗв/ч (Братская могила жертв революции) при естественном фоне 0,09 мкЗв/ч.



Рис. 2. Техногенные радиационные аномалии, обнаруженные во Владивостоке в 2014–2015 гг.



Рис. 3. Расположение источников радиационного излучения в центральной части Владивостока

Аномально высоким радиационным фоном (0,40–0,55 мкЗв/ч) обладают три памятника истории, выполненных из гранита, – Борцам за власть Советов на Дальнем Востоке, К. Суханову и В. Баневуру (см. таблицу).

Некоторые источники техногенного гамма-излучения в г. Владивосток, обнаруженные в результате предыдущих исследований [1]

№ п/п	Местонахождение аномалии	МЭД, мкЗв/ч
1	Памятник Борцам за власть Советов на Дальнем Востоке	до 0,55
2	Памятник К. Суханову	0,54
3	Памятник А.С. Пушкину	0,44
4	Памятник В. Баневуру	до 0,55
5	Западная стена ГУМа	до 0,37
6	Золототвал ТЭЦ-2	до 0,34
7	Облицовка здания таможни	0,28
8	Тупик ДВЖД	до 0,28
9	Железнодорожное полотно	до 0,27
10	Ступени Дальневосточного морского пароходства	до 0,26
11	Магазин «Изумруд»	0,22
12	Подземный переход ул. Светланская–Океанский проспект	0,2
13	Бордюрный камень на ул. Пограничной	0,19
14	Ул. Алеутская, дома 39–45	0,13–0,16
15	Корабельная набережная	0,12–0,13

Первый из них находится на Центральной площади, где часто проводятся различные культурные мероприятия. Остальные памятники также расположены в местах отдыха жителей города. Необходимо отметить, что при нахождении близ упомянутых памятников в течение 3 ч можно получить дозу в 1,3 мкЗв/ч.

Относительно высокий радиационный фон создает также облицовочная плитка. Во время исследований наибольший уровень радиационного излучения от отделочной плитки зафиксирован близ кинотеатра «Уссури» (0,27 мкЗв/ч) и в Парке Победы (0,20 мкЗв/ч). К повышенному фону на территории парка привела его реставрация с использованием гранитной плитки.

Сходная ситуация возникла и в результате реставрации в 2012 г. сквера на ул. Адмирала Фокина (владивостокский «Арбат»). Здесь был использован черный гранит, излучающий 0,20 мкЗв/ч. Гранитные блоки применялись в отдельных работах на Набережной Цесаревича (0,17 мкЗв/ч), а также в центральном сквере на ул. Светланская, 44 (0,20 мкЗв/ч). Повышенный радиационный фон обнаружен и от бордюрного камня на улицах Пограничной (0,19 мкЗв/ч) и Суханова (0,26 мкЗв/ч). Облицовочная плитка стала причиной увеличения радиационного фона от зданий по ул. Алеутская, 45 (0,21 мкЗв/ч), Светланская, 61 и 83 (0,16 и 0,17 мкЗв/ч соответственно).

В подземных переходах величина радиационного фона колеблется от 0,11 (ул. Всеволода Сибирцева) до 0,16 мкЗв/ч (Светланская–Алеутская).

В соответствии с Нормами радиационной безопасности [7] строительные материалы нормируются по параметру «удельная эффективная активность ($A_{эфф}$)». Материалы, отнесенные к 1-му классу (известняки, песчаники, глинистые сланцы, мрамор и др.), обладают $A_{эфф} \leq 370$ Бк/кг и могут применяться для строительства жилых и общественных зданий. Материалы 2-го класса с $A_{эфф}$ от 370 до 740 Бк/кг в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки могут использоваться только как облицовочные, а также для возведения производственных сооружений и дорожного строительства. На примере Владивостока мы видим, что объекты городской инфраструктуры, в строительстве или отделке которых применяется гранит, имеет повышенный радиационный фон.

Важным для Владивостока событием последних лет стало строительство кампуса ДВФУ на о-ве Русский. Проведенные нами исследования показали, что радиационный

фон в северной части острова колеблется от 12 до 28 мкР/ч. Области с повышенным фоном интерпретируются как участки выхода гранитов [6]. Радиационный фон внутри зданий ДВФУ колеблется от 0,09 до 0,12 мкЗв/ч, что ниже норм радиационной безопасности (0,3 мкЗв/ч). Радиационный фон вне помещений находится в диапазоне от 0,08 до 0,13 мкЗв/ч. Это объясняется использованием различных типов пешеходной брусчатки – обыкновенной бетонной и декоративной гранитной. В целом радиационную обстановку на территории кампуса можно считать благополучной.

Выводы

На территории г. Владивосток МЭД в период наших исследований (2014–2015 гг.) находилась в пределах естественного радиационного фона – 12–15 мкР/ч и не превышала установленные для населения нормы радиационной безопасности. Это значит, что годовая эффективная доза облучения населения от всех источников ионизирующего излучения в расчете на 1 жителя была в пределах 3,175 мЗв/г, что не превышает допустимую величину. Мощность дозы гамма-излучения на открытой местности 0,13 мкЗв/ч соответствует природному радиационному фону, характерному для Приморского края.

В результате наших исследований выяснилось, что во Владивостоке увеличилось количество радиационных аномалий по сравнению с предыдущими годами. Появление новых источников связано с использованием гранитной облицовочной плитки (кинотеатр «Уссури», парк Победы и т.д.), возведением новых объектов и ремонтом зданий и объектов инфраструктуры с применением строительных и облицовочных материалов, отнесенных ко 2-му классу радиационной безопасности. Важную роль в этом играют облицовочные материалы, содержащие гранит. Использование гранитной плитки является причиной повышения радиационного фона как на открытых территориях (парк Победы), так и в замкнутых пространствах (подземный переход Светланская–Алеутская).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов В.А., Молев В.П. Эколого-радиометрический мониторинг Южного Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 314 с.
2. Высоцкий В.Л., Данилян В.А., Чайковская Э.Л., Андреев А.А. Радиоэкологическая обстановка. – http://www.ipages.ru/index.php?ref_item_id=16895&ref_dl=1 (дата обращения: 10.02.2016).
3. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2014 году / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю. Владивосток, 2015. 273 с.
4. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2014 году / Администрация Приморского края. Владивосток, 2015. 241 с.
5. Долгое эхо Фукусимы. 19.02.2013 // Официальный сайт Федеральной таможенной службы. – http://www.customs.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=17113:2013-02-19-11-31-36&catid=40:2011-01-24-15-02-45&Itemid=2055 (дата обращения: 22.04.2016 г.).
6. Молев В.П., Яковлева А.В. Радиометрическая съемка северной части острова Русский // Вологодские чтения: материалы науч. конф. Владивосток, декабрь 2011 г. Владивосток: Изд. дом ДВФУ, 2012. № 80. С. 285–287.
7. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 г. № 47.
8. Островерх О. Опасные детали уничтожили // Российская газета. 18.02.2012. – <http://www.rg.ru/2012/07/18/reg-dfo/detali-anons.html> (дата обращения: 10.02.2016).
9. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности: метод. указания 2.6.1.2838-11 от 28.01.2011 г. Утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
10. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности: метод. указания 2.6.1.2398-08 от 02.07.2008 г. Утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.