

**Н.К. Шандала¹, Д.В. Исаев¹, Т.И. Гимадова¹, С.М. Киселёв¹,
М.П. Семенова¹, В.А. Серегин¹, А.В. Титов¹, С.Б. Золотухина²,
Л.А. Журавлёва², Е.А. Хохлова³**

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ГОРОДЕ КРАСНОКАМЕНСКЕ

**N.K. Shandala¹, D.V. Isaev¹, T.I. Gimadova¹, S.M. Kiselev¹,
M.P. Semenova¹, V.A. Seregin¹, A.V. Titov¹, S.B. Zolotukhina²,
L.A. Zhuravleva², E.A. Khohlova³**

Current Radiation Situation in Krasnokamensk

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

Цель: Получить данные об уровне радиационного воздействия естественных радионуклидов (ЕРН) на население г. Краснокаменск.

Материал и методы: При проведении обследования радиационной обстановки в г. Краснокаменске использовались методы пешеходной гамма-съемки, гамма-спектрометрических измерений естественных радионуклидов в объектах окружающей среды с помощью переносных и стационарных установок, радиохимических выделений радионуклидов с последующим измерением их активности на радиометрических установках.

Результаты: Обследования проведены в 2010–2012 гг. Получены данные о мощности дозы гамма-излучения на территории города и в жилых помещениях, удельной активности естественных радионуклидов в почве, удельной активности радионуклидов в пищевых продуктах. По результатам исследований проведены оценки дозы облучения населения от естественных источников ионизирующего излучения (внешнее облучение, внутреннее облучение от перорального поступления радионуклидов с пищевыми продуктами).

Выводы: Отмечены превышения уровней вмешательства, установленных в НРБ-99/2009 для питьевой воды, по сумме естественных радионуклидов и по содержанию ²²²Rn в воде. Среднегодовая эффективная доза облучения населения ЕРН по всем путям воздействия составляет 4,8 мЗв. В соответствии с ОСПОРБ-99/2010 облучение населения г. Краснокаменска природными источниками излучения находится на границе приемлемого и повышенного облучения.

Ключевые слова: естественные радионуклиды, мощность дозы гамма-излучения, население, радиационная обстановка, среднегодовая эффективная доза, удельная активность

Purpose: to obtain data on radiation exposure of natural radionuclides for Krasnokamensk inhabitants.

Materials and methods: For the purpose of the radiation survey in Krasnokamensk, we used methods of foot gamma shooting, gamma-spectrometric measurements of natural radionuclides in the environment using portable and stationary devices, radiochemical separation of radionuclides and its radiometric measurement.

Results: The survey was carried out in 2011–2013. The following data have been received: gamma dose rate at the area of the city and its neighborhood; specific activities of natural radionuclides in soil; specific activities of radionuclides in foodstuffs. Based on these data, radiation exposure for the inhabitants from natural radiation sources (external exposure, internal exposure due to ingestion of radionuclides via food) was assessed.

Conclusions: The level of intervention (which was established in NRS-99/2009) for drinking water has increased by the total number of natural radionuclides and ²²²Ra concentration in water. The average annual effective dose of the exposure of the inhabitants is 4.8 mSv. According to OSPORB-99/2010, the natural radiation exposure of the inhabitants of Krasnokamensk is somewhere at the boundary of acceptable and increased exposure.

Key words: natural radionuclides, gamma dose rate, inhabitants, radiation situation, average annual effective dose, specific activity

Введение

Город Краснокаменск находится в Забайкальском крае, в 500 км на юго-восток от Читы. Он был построен в 1968 г. одновременно с Приаргунским производственным горно-химическим комбинатом, ныне Публичное акционерное общество «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ПАО «ППГХО»), и по численности населения является вторым городом Забайкальского края после Читы.

Город находится на расстоянии около 15 км от основных производств, карьеров и шахт по добыче урана

ПАО «ППГХО». В настоящее время Краснокаменск представляет собой развитое городское образование, разделенное на девять микрорайонов. Население города в 2013 г. составляло 55418 человек [1], пятая часть которых работает на объектах, входящих в состав ПАО «ППГХО».

В данной работе представлены результаты радиационных исследований, проведенных на территории Краснокаменска, с целью оценки доз облучения населения естественными радионуклидами (ЕРН).

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

² Центр гигиены и эпидемиологии № 107 ФМБА России, Краснокаменск

³ Межрегиональное управление № 107 ФМБА России, Краснокаменск

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

² Center for Hygiene and Epidemiology No.107 of FMBA, Krasnokamensk, Russia

³ Inter-regional Management Center No.107 of FMBA, Krasnokamensk, Russia

Материал и методы

Отбор проб почвы, пищевых продуктов и питьевой воды проводился в соответствии с требованиями «Методических рекомендаций по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды» [2].

Пробы объектов окружающей и водной среды и продуктов питания на содержание ЕРН исследовали с помощью гамма-спектрометрического метода на гамма-спектрометре фирмы Canberra b10188 с блоком детектирования BE5030 b10188. Перед проведением измерений пробы выдерживались в течение 30–40 сут в герметичных емкостях для установления равновесия между дочерними и материнскими радионуклидами.

Определение удельной активности ^{210}Pb и ^{210}Po проводилось на радиометрических установках УМФ-2000 после радиохимического выделения радионуклидов в соответствии с МУК 4.3.051-2011 «Свинец-210 и полоний-210. Определение удельной активности в пробах почвы, растительности и пищевых продуктах после электролитического осаждения на никелевом диске» [3].

Мощность дозы гамма-излучения на территории Краснокаменска исследовалась методом пешеходной и автомобильной гамма-съемки с помощью:

- портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М», позволяющего проводить измерение активности радионуклидов спектрометрическим методом, определение радионуклидного состава исследуемых объектов, гамма-сканирование помещений и открытых площадей с привязкой к географическим координатам с использованием глобальных навигационных систем GPS;
- дозиметра Colibry (фирма Canberra).

Измерения мощности дозы гамма-излучения в помещении проводились радиометром СРП-88 и с помощью интегральных термолюминесцентных дозиметров (время экспозиции около 8 мес).

Оценка доз облучения населения проводилась в соответствии с методическими указаниями МУ 2.6.1.1088-02 [4].

Результаты обследований

Исследование радиационной обстановки проводилось в 2010–2012 гг. В процессе исследований проводились измерения:

- мощности амбиентного эквивалента эффективной дозы гамма-излучения на территории города и в жилых помещениях;
- удельной активности ЕРН в почве;
- удельной активности ЕРН в пищевых продуктах местного производства и привозных;
- объемной активности ЕРН в питьевой воде;

- удельной активности ЕРН в грибах и рыбе.

Результаты измерения мощности дозы гамма-излучения на открытой местности приведены на рис. 1.

На большей части территории города мощность дозы не превышает 0,2 мкЗв/ч. На территории микрорайона 5 имеются локальные участки с мощностью дозы до 0,3 мкЗв/ч.

В помещениях жилых зданий, равномерно распределенных по территории города, были проведены измерения мощности дозы гамма-излучения. Полученные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики распределения мощности дозы гамма-излучения по территории и по жилым помещениям Краснокаменска

Параметры распределения, мкЗв/ч			
По территории Краснокаменска			
Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Стандартное отклонение
0,19	0,15	0,24	0,011
По жилым помещениям Краснокаменска			
0,18	0,10	0,29	0,04

Во всех случаях мощность дозы в помещениях не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на 0,3 мкЗв/ч.

Измерение удельной активности ЕРН (^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K) в почве на территории города проводилось в основном методом полевой спектрометрии. Для оценки содержания других радионуклидов естественного происхождения в различных частях города были отобраны пробы почвы, которые измерялись на стационарном гамма-спектрометре.

На рис. 2 представлены результаты измерения ^{226}Ra в почве на территории города (полевая спектрометрия). Повышенные значения удельной активности ^{226}Ra в почве зарегистрированы на территории микрорайона 5.

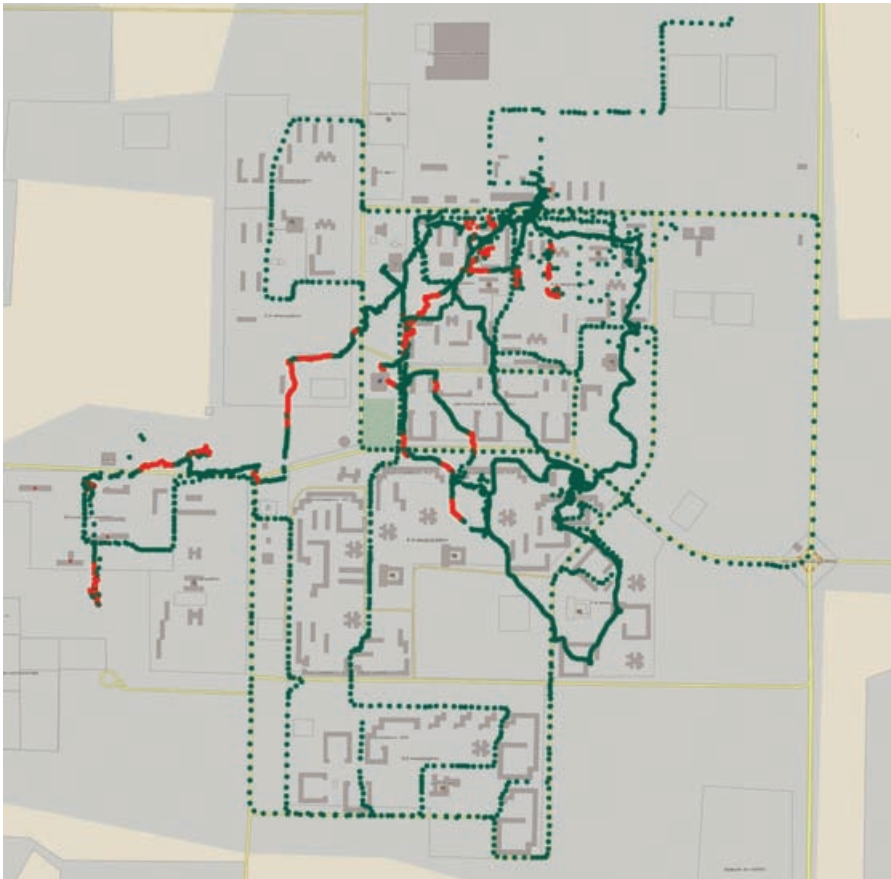
Из сопоставления данных по ЭРОА района в помещениях из работы [5] с содержанием ^{226}Ra в почве, получено, что ЭРОА района в помещениях коррелируют с содержанием ^{226}Ra в почве.

Характеристики, полученных распределений ЕРН в почве города представлены в табл. 2.

Таблица 2

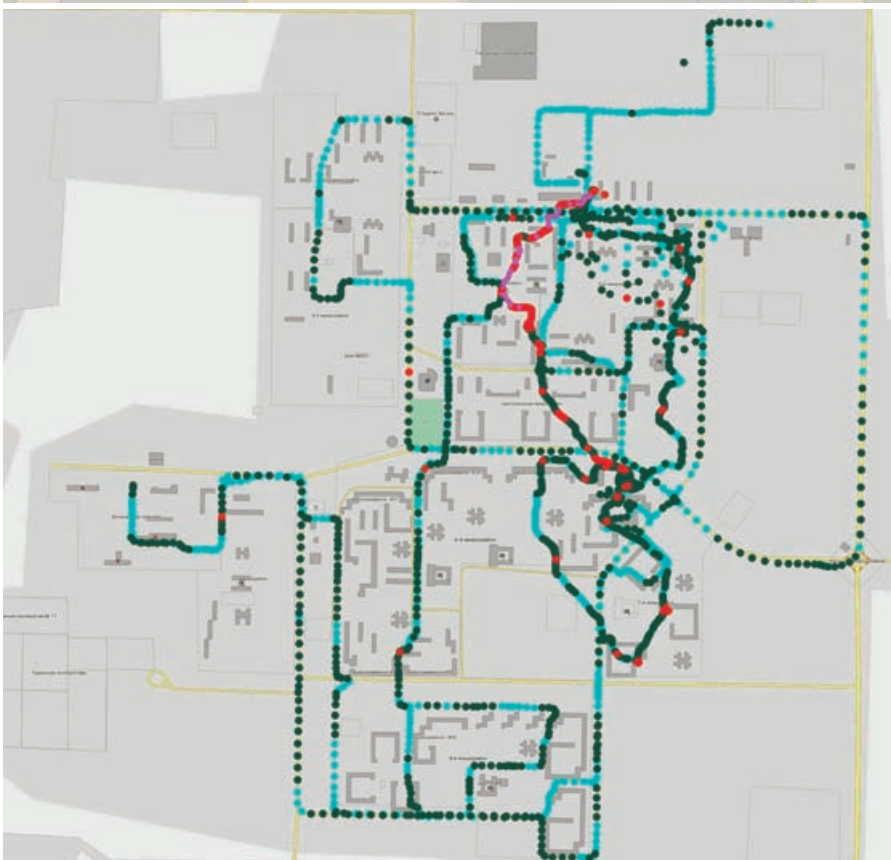
Характеристики распределений удельной активности ЕРН в почве по территории города (полевая спектрометрия)

Радионуклид	Характеристика распределения, Бк/кг			
	Среднее	Минимальное	Максимальное	Стандартное отклонение
^{226}Ra	66	4,7	200	31
^{232}Th	77	19,4	150	21
^{40}K	940	324	1540	150



- 0.1 to 0.2 мкЗв/ч
- 0.2 to 0.3 мкЗв/ч

Рис. 1. Мощности дозы гамма-излучения на территории Краснокаменска



- менее 50 Бк/кг
- 50–100 Бк/кг
- 100–150 Бк/кг
- 150–230 Бк/кг

Рис. 2. Удельная активность ^{226}Ra в почве на территории Краснокаменска

Результаты измерения проб почвы, отобранных на территории города, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Удельные активности радионуклидов в пробах почвы на территории города

Радионуклид	Удельная активность, Бк/кг		
	Средняя	Минимальная	Максимальная
²²⁶ Ra	66	51	89
²³² Th	29	27	35
²³⁵ U	3,4	—	—
²¹⁰ Pb	29	9,4	44
²¹⁰ Po	23	5,9	35
⁴⁰ K	800	730	900

По данным ЦГиЭ № 107 ФМБА России, суммарная бета-активность в питьевой воде в течение года может варьировать в пределах от 0,14 до 0,54 Бк/л (при этом установленные в НРБ-99/2009 нормативы

не превышаются). Суммарная альфа-активность в питьевой воде варьируется от 0,3 до 4,3 Бк/л, а удельная активность ²²²Rn от 20 до 220 Бк/л. При этом в течение большого периода времени в году наблюдается превышения нормативов, установленных в НРБ-99/2009 (0,2 Бк/л для суммарной альфа-активности и 60 Бк/кг для ²²²Rn).

В табл. 4 представлены результаты измерения объемной активности радионуклидов в питьевой воде, проведенные в различные годы.

Наиболее близкие к УВ значения объемной активности наблюдаются у ²³⁸U и ²³⁴U, а в отдельных случаях у ²²⁶Ra и ²¹⁰Pb.

Было исследовано содержание ЕРН в пищевых продуктах местного производства в сравнении с привозными пищевыми продуктами из торговой сети (всего измерено 60 проб, из которых около 80 % приходится на молоко и картофель).

Полученные результаты приведены в табл. 5.

Таблица 4

Содержание ЕРН в питьевой воде распределительной сети Краснокаменска

Радионуклид	Удельная активность радионуклида, Бк/кг						УВ, Бк/кг
	29.04.2010 ¹	06.05.2011 ¹	2009 ²	2010 ²	2011 ²	2012 ²	
²³⁴ U	0,96 ± 0,11	0,87 ± 0,10	—	—	—	—	2,8
²³⁸ U	0,71 ± 0,09	0,59 ± 0,07	2,3	1,6	1,9	2,0	3,0
²³⁵ U	—	—	0,12	0,046	0,095	0,0711	2,9
²¹⁰ Po	<0,02	<0,02	—	—	—	<0,006	0,11
²¹⁰ Pb	<0,05	0,13 ± 0,04	—	0,0128	0,64	<0,003	0,2
²²⁸ Th	<0,01	<0,1	—	—	—	—	1,9
²³⁰ Th	<0,02	<0,1	—	—	—	—	0,65
²³² Th	<0,01	<0,1	0,034	0,013	0,027	0,017	0,60
²²⁶ Ra	0,08 ± 0,02	<0,1	0,086	0,05	0,33	0,061	0,49
²²⁸ Ra	0,07 ± 0,02	<0,1	0,038	—	0,055	—	0,2

Примечание:

¹ — измерения выполнены Центром гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае;

² — измерения выполнены ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Таблица 5

Содержание радионуклидов в пищевых продуктах

Пищевой продукт	Удельная активность, Бк/кг(л)						
	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³² Th	²²⁸ Ra	²³⁵ U
Картофель ¹	<0,014–0,08	0,014	3,9–8,0	0,1–0,34	0,027–0,072	0,044–0,094	0,02–0,081
Картофель ²	0,06–0,48	0,04–0,06	3,5–5,0	0,07–0,24	0,031–0,062	0,1–0,13	0,039–0,19
Корнеплоды ¹	<0,015–0,14	<0,003–0,01	2,0–3,3	0,11–0,16	0,033–0,086	0,16	0,027–0,051
Корнеплоды ²	0,21–0,28	<0,007–0,035	2,1–4,2	0,17–0,26	0,095	0,22	0,047–0,070
Мясо ¹			2,8–4,3	0,089–0,17	0,032–0,041		0,022–0,054
Мясо ²	0,14–1,2		5,9	0,14–1,5	0,58	0,51	0,042–0,22
Молоко ¹	<0,016–0,22	<0,002–0,012	3,7	0,035–0,26	0,042		0,15
Молоко ²	0,04	<0,006	2,6–3,5	0,035–0,15	0,0087–0,025	0,047–0,086	0,023–0,11
Рыба	<0,0013	<0,005	3,5	0,057–0,16	0,021–0,047	0,1	0,033
Грибы (сыр.вес)			4,1	0,10	0,032	0,095	0,062

Примечание:

¹ — пищевые продукты из торговой сети (привозные);

² — местного производства

Содержание ЕРН в пищевых продуктах местного производства, за исключением мяса, практически не отличаются от содержания в привозных пищевых продуктах.

В табл. 5 приведены также удельная активность ЕРН в рыбе (сазан), выловленной в озере Цаган системы Умыкейских озер, и в грибах (шампиньоны) собранных на прибрежной территории этого озера. Доза внутреннего облучения от потребления таких грибов и рыбы незначительна (менее 10 мкЗв/год).

Расчет среднегодовых эффективных доз выполнен в соответствии с требованиями МУ 2.6.1.1088-02 [4].

Одним из основных факторов радиационного природного воздействия на населения является ингаляционное поступление радона и продуктов его распада в жилых помещениях. Данный фактор для населения Краснокаменска рассмотрен в работе [5]. Результаты, полученные в этой работе, были использованы для оценки среднегодовых эффективных доз облучения населения Краснокаменска.

Оцененные среднегодовые значения эффективной дозы облучения населения приведены в табл. 6.

Таблица 6

Среднегодовые дозы облучения населения Краснокаменска

Путь облучения	Среднегодовая доза, мЗв
Внешнее облучение на открытой местности	0,3
Внешнее облучение в помещении	1,3
Ингаляционное поступление радона и продуктов его распада в жилых помещениях	2,5
Потребление пищевых продуктов	0,4
Потребление питьевой воды	0,3
Всего	4,8

Как видно из данных, приведенных в таблице, основным природным фактором радиационного воздействия на населения является радон и продукты его распада, ингаляционное поступление которых формирует более 50 % среднегодовой дозы.

Выводы

Исследование радиационной обстановки Краснокаменска показало следующее:

1. Превышаются уровни вмешательства, установленные в НРБ-99/2009 [6] для питьевой воды, по сумме естественных радионуклидов и по содержанию ²²²Rn. Среднегодовая эффективная доза облучения населения за счет потребления такой воды составляет 0,4 мЗв (менее 10 % от суммарной среднегодовой дозы).

2. Удельная активность ЕРН в пищевых продуктах местного производства практически не отличается от удельной активности привозных продуктов.

3. Среднегодовая эффективная доза облучения населения ЕРН по всем путям воздействия составляет 4,8 мЗв. Более половины дозы формируется в результате ингаляционного поступления радона и продуктов его распада при нахождении в помещениях.

4. В соответствии с ОСПОРБ 99/2010 [7] облучение населения Краснокаменска природными источниками излучения находится на границе приемлемого и повышенного облучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2013 года. – М.: Федеральная служба государственной статистики Росстат, 2013, 528 с.
2. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. Под общей редакцией А.Н. Мареев и А.С. Зыковой. Утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР 03.12.1979 г. – М.: Минздрав СССР, 1980, 335с.
3. МУК 4.3.051-2011 Свинец-210 и полоний-210. Определение удельной активности в пробах почвы, растительности и пищевых продуктах после электролитического осаждения на никелевом диске. ФР.1.38.2012.11971. Москва, 2011.
4. МУ 2.6.1.1088-02 Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002, 22 с.
5. Маренный А.М., Киселев С.М., Тутов А.В. и соавт. Обследование города Краснокаменска на содержание радона в помещениях. // Радиационная гигиена, 2013, 6, № 3, С. 47–53.
6. 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.
7. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010, 83 с.

Поступила: 17.09.2015

Принята к публикации: 23.11.2015