

ЛИТЕРАТУРА

1. Колыбин И.В. Подземные сооружения и котлованы в городских условиях — опыт последнего десятилетия // Российская геотехника — шаг в XXI век. Труды юбилейной конференции, посвященной 50-летию РОМГГиФ. М., 2007. 34 с.
2. Куликова Е.Ю. Подземная геоэкология мегаполисов. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 480 с.
3. Москва: геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: ФО «Московские учебники и картолитграфия», 1997. 400 с.
4. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник РАН. 2002. № 9. С. 27–31.
5. Петросов А.А. Мангуш К.С. Экономические риски горного производства. М.: Изд-во МГГУ, 2002. 142 с.
6. Рубан А.Д. Геоинформационное и геомеханическое обеспечение комплексного освоения недр мегаполисов // Труды научного симпозиума «Неделя горняка—2009», 2009. С. 33–42.
7. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б. Оценка риска пользования недрами: учебн. пособие. Кемерово, ГУ КузГТУ. 2009. 120 с.

УДК 539.16.04, 551.521.2

ФОРМИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЗА СЧЁТ РАДИОАКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

П.А. СИДЯКИН, Э.Г. ЯНУКЯН, Н.А. ФОМЕНКО, Н.В. ВАХИЛЕВИЧ

*Северо-Кавказский федеральный университет
357500, Россия, г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56; e-mail: sidyakin_74@mail.ru,*

Одной из экологических проблем курортного региона Кавказские Минеральные Воды (КМВ) является повышенный уровень облучения населения. Основным фактором, влияющим на радиационную обстановку региона, а следовательно, и на уровень облучения населения, является природная радиоактивность горных пород. Следует научно обосновать для региона КМВ механизмы миграции радионуклидов из горных пород в другие среды: в воду, атмосферный воздух, строительные материалы и помещения. Для курортного региона необходимо разработать карты потенциальной радиационной (радоновой) опасности. Для разработки данных карт требуется проведение широкомасштабных измерений, выявление закономерностей формирования радиационного фона территорий, с учётом миграционной способности радионуклидов. Требуется исключить строительство и эксплуатацию зданий, независимо от назначения, а также использование всех источников водоснабжения населения без соблюдения требований радиационной безопасности.

Ключевые слова: горные породы; радиоактивность; облучение населения; радон; естественные радионуклиды.

FORMATION OF THE LEVELS OF THE IRRADIATION OF THE POPULATION OF THE CAUCASIAN MINERAL WATER RESORTS DUE TO THE RADIOACTIVITY OF THE ROCKS

P.A. SIDYAKIN, E.G. YANUKYAN, N.A. FOMENKO, N.V. VAHILEVICH

*North-Caucasian Federal University, a branch in Pyatigorsk;
357500, Russia, Pyatigorsk, ave. 40 years of October, 56, e-mail: sidyakin_74@mail.ru*

One of the environmental problems of the resort region of Caucasian Mineral Waters (CMS) is the increased exposure of the population. The main factor affecting the radiation situation in the region, and hence the exposure of the population is a natural radioactivity of the rocks. It is needed to make a scientific basis for the region of CMS for the mechanisms of radionuclide migration from rocks to other media — namely, water, air, building materials and premises. For the resorts of the region it is needed to develop a map of potential radiation (radon hazard). The development of these maps requires a large-scale measurement, revealing the laws of formation of background radiation areas, taking into account the migratory ability of radionuclides. It requires exclusion of constructions and operation of buildings, regardless of the destination, as well as all sources of water supply of the population without compliance with all the requirements of radiation safety.

Key words: rocks; radioactivity; exposure of the population; radon; natural radionuclides.

В курортном регионе Кавказские Минеральные Воды (КМВ), несмотря на всю его привлекательность, существуют экологические проблемы, оказывающие непосредственное влияние на социально-экологическое благополучие населения региона. Исследованием данных проблем активно занимается целый ряд организаций, расположенных в регионе, к числу которых относятся высшие учебные заведения, научно-исследовательские институты, а также органы государственной власти.

За последние годы нами выявлены различные экологические параметры городского хозяйства городов-курортов КМВ [11], значения которых не соответствуют или соответствует не в полной мере требованиям предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых уровней (ПДУ), установленных в нормативных документах. К данным параметрам относятся: загрязнение атмосферного воздуха городов-курортов [1, 9, 11–12], шумовое загрязнение [4–6, 11], радиационные характеристики объектов городского хозяйства [11, 13–15]. В данной работе приводится анализ формирования уровней облучения населения КМВ, формируемых за счёт радиоактивности горных пород.

Исследования радиационных характеристик объектов окружающей среды и городского хозяйства проводятся на базе научной лаборатории радиационного контроля филиала Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске. Данная лаборатория оснащена всем необходимым сертифицированным и поверженным оборудованием. Приведены результаты наших исследований, а также анализ отчётов таких организаций, как Роспотребнадзор и других, о формировании уровней облучения населения за счёт радиоактивности горных пород в курортном регионе КМВ.

Организм человека подвергается воздействию внешнего и внутреннего облучения, формируемого за счёт естественной радиоактивности горных пород [13]. Внешнее облучение населения КМВ преимущественно формируется за счёт мощности дозы гамма-излучения на территории и в помещениях. На внутренний уровень облучения прежде всего оказывает влияние концентрация радона-222, радона-220 (торона), а также дочерних продуктов их радиоактивного распада в воздушной среде. Дополнительный вклад в формирование внутреннего облучения вносит содержание естественных радионуклидов (ЕРН) в природных водах.

На сегодняшний день основными документами, регламентирующими уровни облучения населения от всех источников радиации, в том числе от источников природного происхождения, являются Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009), Санитарные правила и нормы СанПин 2.6.1.2523-09 и Основные санитарные правила

обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010), Санитарные правила и нормы СанПин 2.6.1.2612-10. Таким образом, радиационные показатели всех источников формирования уровней облучения населения необходимо анализировать в соответствии с нормативными величинами, установленными в данных документах

Прежде всего необходимо отметить, что, согласно пункту 5.3.1 НРБ-99/2009, допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается. Снижение облучения населения достигается путем установления системы ограничений на облучение населения от отдельных природных источников излучения [7]. Однако в пункте 5.1.2 ОСПОРБ-99/2010 даётся определение степени радиационной безопасности населения, которую характеризуют следующие значения эффективных доз облучения от всех природных источников излучения: менее 5 мЗв/год — приемлемое, от 5 до 10 мЗв/год — повышенное, более 10 мЗв/год — высокое.

Следовательно, основная цель всех исследований радиационных характеристик объектов окружающей среды — определение уровней облучения населения и при необходимости разработка и реализация мероприятий, направленных на снижение облучения. Необходимо также отметить, что в нормативных документах отсутствуют допустимые уровни радиационных характеристик как самих горных пород, так и создаваемого за счёт содержания в них естественных радионуклидов радиационного фона территорий. Это связано с тем, что, учитывая географические особенности нашей страны, не представляется возможным привести все территории к единым требованиям по радиационному признаку.

В регионе КМВ присутствуют горные породы, обладающие различными радиационными характеристиками, при этом следует учитывать, что в курортном регионе выявляются зоны структурно-стратиграфического несогласия, на территориях которых многие годы проводилась добыча урана [14–15]. Поэтому на данных территориях наблюдается значительное число рудопроявлений и урановой минерализации. Также в восточных районах Северного Кавказа разрабатывались нефтегазоносные структуры. Проведение данных видов работ в сочетании с региональными природными факторами способствовало загрязнению водоносных горизонтов и подземных вод такими радионуклидами, как уран, радий, радон и другими тяжелыми элементами. В водоносных источниках происходила миграция радионуклидов, что вызывало дополнительное радиоактивное загрязнение значительных территорий региона.

К настоящему времени нами проведено более 1000 замеров мощности дозы гамма-излучения на территориях города-курорта Пятигорска. Полученные результаты не вызывают серьезных опасений, так как составляют 0,15—0,30 мкЗв/ч. Необходимо отметить, что наибольшие значения были зафиксированы на территориях с максимальным антропогенным воздействием, следовательно, увеличению радиационных характеристик способствует дополнительный вклад в радиационное загрязнение строительных материалов, применяемых для обустройства территории города.

Формирование мощности дозы гамма-излучения в помещениях зависит в первую очередь от радиоактивности горных пород, так как внешнее облучение в помещениях, как правило, формируется в зависимости от двух факторов:

- 1) радиационных характеристик грунтов, являющихся основанием зданий;
- 2) радиационных характеристик строительных материалов, основой для производства подавляющего большинства которых также являются горные породы, преимущественно местного происхождения.

Мощность дозы гамма-излучения в обследованных помещениях Пятигорска также не вызывает опасений (0,18—0,42 мкЗв/ч), поскольку не выявлено аномально высоких значений. Однако, согласно данным [16], максимально опасные значения мощности дозы гамма-излучения в помещениях (превышающие допустимые нормативы) зафиксированы в г. Лермонтове, в котором радиационный фон складывается из сочетания природных факторов (высокие радиационные характеристики территорий, расположенных в непосредственной близости от мест урановых месторождений) и дополнительного техногенного воздействия (использование в строительстве местных строительных материалов, имеющих высокое содержание естественных радионуклидов).

Другим объектом исследований является активность радона и продуктов его распада в атмосферном воздухе и воздушной среде помещений. Данный источник является основным при формировании внутреннего облучения населения. Концентрация радона в атмосферном воздухе, как правило, не достигает высоких значений за счет рассеивания [13]. Содержание радона в воздушной среде помещений зависит от ряда факторов, основными из которых являются эксхалляция (плотность потоков) радона из подстилающих пород под зданием и строительных материалов, а также вентиляции помещений. При этом максимальные концентрации радона фиксируются в помещениях первых этажей и подвалов зданий.

Согласно действующим нормативам, при выборе участков территорий под строительство зданий

жилищного и общественного назначения выбираются участки с плотностью потока радона с поверхности грунта не более 80 мБк/(м² с). При проектировании здания на участке с плотностью потока радона с поверхности грунта более 80 мБк/(м² с) в проекте должна быть предусмотрена система защиты здания от радона. Однако большинство зданий региона КМВ построено до вступления в силу данных нормативов, к сожалению, также и в настоящее время требования по радиационной безопасности зданий не соблюдаются в полной мере (главным образом, при строительстве на частных участках). В [16] указано, что эксхалляция радона для территорий г. Лермонтов в среднем составляет 250 мБк/(м² с), в отдельных участках достигает значений 4500 мБк/(м² с), при среднемировых значениях 18 мБк/(м² с) [10, 13, 16]. В ежегодных докладах Роспотребнадзора отмечается отсутствие карт потенциальной радоновой опасности территорий городов-курортов КМВ, что не позволяет обеспечить необходимую радиационную безопасность населения при строительстве новых зданий.

Радоновыделение строительных материалов, сырьем для производства которых являются горные породы, зависит от следующих факторов:

- 1) концентраций радия и тория (материнских радионуклидов) в материале;
- 2) коэффициента эманирования радона (процент радона, выделяющегося в окружающую среду при распаде материнского радионуклида);
- 3) использования отделочных материалов (применение различных видов отделки способствует снижению выделения радона с поверхности материалов на 30—99 %) [13].

В действующих нормативах предусматривается контроль содержания естественных радионуклидов в строительных материалах по значению эффективной удельной активности ($A_{эфф}$), в частности, для материалов первого класса, разрешенных к использованию во всех видах строительства, $A_{эфф}$ составляет 370 Бк/кг. При расчёте $A_{эфф}$ учитывается содержание материнских радионуклидов для радона-222 — радия-226 и радона-220 — тория-232, а также калия-40. Таким образом, применение материалов первого класса предусматривает формирование мощности дозы гамма-излучения помещений не выше установленных нормативов, однако отсутствие нормирования радоновых характеристик строительных материалов не даёт возможность прогнозировать активность радона в воздушной среде помещений, построенных из материалов первого класса.

С учётом изложенного формирование уровня облучения населения региона КМВ за счёт активности радона в воздушной среде требует повыше-

Дозы облучения населения Ставропольского края за счёт природных источников (радона) [2]

Территория	Дозы облучения, мЗв/год			
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Регион КМВ	8,24	5,32	7,85	6,32
Восточная группа районов Ставропольского края (Буденновский, Левокумский, Нефтекумский)	2,4	2,02	2,34	2,02
Ставрополь	0,8	0,71	0,68	1,82

ного внимания. В таблице приведены значения уровней облучения населения курортного региона по сравнению с другими территориями Ставропольского края.

Из таблицы следует, что только за счёт активности радона уровень облучения свыше 5 мЗв/год. Таким образом, облучение населения региона КМВ является повышенным. В таблице приведены данные за 2008—2011 гг., в докладе Роспотребнадзора за 2014 г. [3] констатируется, что уровень облучения населения региона КМВ за счёт природных источников (радона) существенно не меняется и составляет 6,32—7,4 мЗв/год. При этом необходимо отметить, что повышенный уровень облучения формируется только для населения городов-курортов, в связи с краткосрочностью пребывания (как правило, 2—3 недели) гостей курортного региона дополнительный уровень облучения не будет достигать высоких значений и составит 0,20—0,45 мЗв/год.

Другим внутренним источником облучения населения региона являются питьевые воды. Радиационное качество поверхностных и подземных вод региона КМВ связано в основном с миграционной способностью радионуклидов из горных пород. Наибольшее внимание уделяется водам, проходящим в непосредственной близости от отработанных месторождений урана. Так, при проведении анализа рудничных вод массива Бештау выявлено содержание радона на несколько порядков выше

допустимых нормативов, а именно около 60000 Бк/л (нормативное значение для питьевой воды составляет 60 Бк/л). Несмотря на то, что данные воды не используются в качестве питьевых, за счёт миграционной способности радионуклиды могут загрязнять источники питьевого водоснабжения, а также поступать в органическую среду (почвы, растения, животные).

На основании изложенного можно сделать ряд выводов:

1. Содержание естественных радионуклидов в горных породах является основным источником формирования уровня облучения населения региона КМВ.

2. Регион КМВ относится к территориям с повышенным уровнем облучения населения.

3. Наибольшую сложность вызывает невозможность проведения измерений радиационных характеристик во всех эксплуатируемых помещениях. Поэтому целесообразно создание единой базы значений радиационных характеристик в помещениях, которые в соответствии с действующим законодательством необходимо получать перед сдачей любого строительного объекта в эксплуатацию.

4. Следует научно обосновать для региона КМВ механизмы миграции радионуклидов из горных пород в другие среды — воду, атмосферный воздух, строительные материалы и помещения.

5. Для курортного региона необходимо разработать карты потенциальной радиационной (радоновой опасности). Для разработки данных карт требуется проведение широкомасштабных измерений, выявление закономерностей формирования радиационного фона территорий, с учётом миграционной способности радионуклидов.

6. Требуется исключить строительство и эксплуатацию зданий, независимо от назначения, а также использование всех источников водоснабжения населения без соблюдения всех требований радиационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- Азаров В.Н., Сидякин П.А., Лопатина Т.Н., Николенко Д.А. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на социально-экологическое благополучие городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Социология города. 2014. № 1. С. 28—36.
- Государственный доклад Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «О санитарно-эпидемиологической обстановке Ставропольского края» за 2011 год. Ставрополь. 2012. 156 с.
- Государственный доклад Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «О санитарно-эпидемиологической обстановке Ставропольского края» за 2014 год. Ставрополь. 2015. 164 с.
- Готлиб Я.Г., Сидякин П.А., Лебедева С.А., Нестерчук А.В. Вопросы нормирования шума, как вредного фактора производства строительной отрасли // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». 2014. № 1 (12). С. 87—90.
- Лебедева С.А., Сидякин П.А., Сапожкова Н.В. Обзор влияния шумового воздействия на социально-пространственную систему города // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». 2013. № 4 (11). С. 46—50.
- Лебедева С.А., Сидякин П.А., Шитов Д.В., Нестерчук А.В., Фоменко Н.А. Исследования влияния шумовых нагрузок на социально-экологическое благополучие городов-курортов КМВ // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 35. № 2—1. С. 40.
- Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПин 2.6.1.2523-09 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора № 3. 2009. 225 с.
- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). СанПин 2.6.1.2612-10 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2013. № 47. 100 с.
- Помеляйко И.С., Лопатина Т.Н. Сравнительный анализ экологического состояния крупных промышленных го-

- родов РФ и курорта федерального значения // Социология города. 2015. № 2. С. 55–75.
10. Сидельникова О.П., Стефаненко И.В., Соколов П.Э. Радиационная безопасность в зданиях. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 2006. 325 с.
 11. Сидякин П.А., Лебедева С.А., Экба С.И., Фоменко Н.А., Лопатина Т.Н. Основные задачи комплексного подхода по изучению экологического состояния объектов городского хозяйства городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Актуальные проблемы гидrolитосферы (диагностика, прогноз, управление, оптимизация и автоматизация): сборник докладов. Кисловодск: Изд-во «РИА КМВ», 2015. С. 374–389.
 12. Сидякин П.А., Лопатина Т.Н., Калюжина Е.А., Нестерчук А.В., Вахилевич Н.В. Организация мониторинга содержания мелкодисперсных частиц пыли в воздушной среде городов-курортов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 214.
 13. Сидякин П.А., Хорзова Л.И. Радиационный контроль и радиационная безопасность: учеб. пособие. Волгоград: Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т., 2004. 80 с.
 14. Сидякин П.А., Шитов Д.В., Фоменко Н.А., Лебедева С.А. О радиационно-экологической обстановке в урбанизированных территориях городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 33. № 1–1. С. 16.
 15. Хорзова Л.И., Сидякин П.А., Абаринов А.Н. Организация радиационно-экологических исследований в городах-курортах Кавказских Минеральных Вод // В сборнике: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. Материалы XI Международной научной конференции. Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. С. 49–55.
 16. Цаплева В.В. Проблемы качества воды города Лермонтова // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. № 2. С. 53–56.
-