

УДК 551.521

РАДОНОВЫЕ АНОМАЛИИ НЕКОТОРЫХ ЗОН РАЗЛОМОВ БУРЯТИИ КАК ФАКТОР РАДИАЦИОННОГО РИСКА

© 2015 Н.Е. Астахов, С.В. Бартанова, Ц.А. Тубанов

Геологический институт СО РАН, г. Улан-удэ

Поступила в редакцию 20.05.2015

Многолетние исследования эксхалационных радоновых полей показали, что аномалии чаще всего фиксируются над разломами, участвующие в современном рельефообразовании. Во многих случаях радон рассматривается как серьёзная экологическая опасность, способная повысить риск онкологических заболеваний. Территория Бурятии характеризующимся широким развитием высокорadioактивных гранитоидов с присутствием в породах неотектонических зон трещиноватости, представляющих собой систему открытых трещин и пор, что благоприятствует выходу радона.

Ключевые слова: радон, разлом, радиационный риск

Известно что, до 1980 г. ни в одной стране мира не были установлены нормативы на содержание радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) в помещениях. Только в последние десятилетия, когда стало очевидно, что радоновая проблема, включая вопросы нормирования и снижения доз облучения, имеет существенное радиологическое значение, были введены соответствующие нормативы для существующих и проектируемых зданий, рекомендованные международной комиссией по радиационной защите [6]. Интерес к этой проблеме вызван, прежде всего, необходимостью оценки потенциальной радоноопасности территорий строительства. Повышенный местный геохимический фон (так, при концентрации радона в грунтах более 50-100 Бк/л) может создать значительные по площади радоноопасные участки, в пределах которых концентрация радона практически повсеместно могут превышать предельно допустимые концентрации в десятки раз (до 1000 Бк/м³) [8].

Воздействие естественной радиации на живые организмы до конца еще не изучено. Согласно оценке научного комитета по действию атомной радиации ООН радон, вместе со своими ДПР, ответственен примерно за 80% эффективной годовой дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации [7].

Большую часть этой дозы человек получает от радионуклидов, попадающих в его организм вместе с вдыхаемым воздухом, находясь в закрытом помещении. Степень радиационной безопасности населения характеризуют следующие значения эффективных доз облучения от всех основных природных источников излучения [4]:

- менее 5 мзв/год – приемлемый уровень облучения населения от природных источников излучения;

- свыше 5 до 10 мзв/год – облучение населения является повышенным;

- более 10 мзв/год – облучение населения является высоким.

Мероприятия по снижению уровней облучения природными источниками излучения должны осуществляться в первоочередном порядке для групп населения, подвергающихся облучению в дозах более 10 мзв/год. При выборе участков территорий под строительство зданий жилищного и общественного назначения выбираются участки с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения менее 0,3 мкзв/ч и плотностью потока радона с поверхности грунта не более 80 мБк/(м²с). При проектировании здания на участке с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения выше 0,3 мкзв/ч, плотностью потока радона с поверхности грунта более 80 мБк/(м²с) в проекте должна быть предусмотрена система защиты здания от повышенных уровней гамма-излучения и радона [4].

Территория Республики Бурятия (РБ) находится в зоне высокой сейсмичности и имеет сложное тектоническое и геологическое строение с мощной (до 300 м) сплошной и прерывистой островной (южнее 52-й параллели) криолитозоной многолетнемерзлых пород [1]. Складчатые горные сооружения сложены в основном высокометаморфизованными гранитоидными породами архея и дислоцированными осадочными терригенно-карбонатными образованиями протерозоя-палеозоя. Геологическая среда РБ представлена разновозрастными и литологически разнообразными образованиями с отчетливой радиогеохимической специализацией и содержит большое количество природных радиоактивных объектов [2]. Вблизи месторождений и рудопроявлений, вдоль тектонических разломов в обрамлении впадин отмечаются аномальные концентрации радона (>50 кБк/м³) в почвенном воздухе. Тектонические разломы могут

Астахов Николай Егорович, младший научный сотрудник. E-mail: astahov@gin.bscnet.ru

Бартанова Светлана Викторовна, инженер. E-mail: bartanova@list.ru

Тубанов Цырен Алексеевич, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией методов сейсмопрогноза. E-mail: geos@gin.bscnet.ru

быть источниками выделения из недр земли радона, метана, водорода. Этот процесс известен под названием дегазация земли. Радоновые, метановые и другие выделения накапливаются в подвалах домов и под асфальтом на месте зон тектонических нарушений.

По медико-статистическим данным территория РБ является аномальной по онкозаболеваниям. Поскольку по техногенной нагрузке она не выделяется среди прочих регионов России, то можно предположить, что такое положение обусловлено природной средой. На наш взгляд, это связано с геологическим строением региона, характеризующимся широким развитием высокорadioактивных гранитоидов, которые генерируют радон. Благоприятствует выходу радона присутствие в породах неотектонических зон трещиноватой, представляющих собой систему открытых трещин и пор. На территории рб в пределах забайкальской урановорудной провинции выявлены гидрогенные месторождения урана в мезокайнозойских рифтовых впадинах, где радионуклидное загрязнение наиболее опасное с экологических позиций. Во многих случаях радон рассматривается как серьёзная экологическая опасность, провоцирующая повышение риска онкологических заболеваний.

Радонноопасность обусловлена поступлением радона из грунта в подвалы зданий и помещения 1-го этажа. Важную роль при движении радона к поверхности играют подземные воды, тектоническая нарушенность коренных пород. Проникновение радона в жилые помещения происходит в основном двумя путями. Первый, техногенный – это выделение радона из конструкций самого здания. Второй путь (наиболее значительный), природный – это проникновение радона в здания, связанное с выделением (эксхалляция) его из земной коры на дневную поверхность. Такое выделение крайне неравномерно для большей части земной поверхности. Наиболее благоприятным условием переноса радона к поверхности земли является наличие в породах неотектонических зон, представляющих собой систему открытых трещин и пор. За счет мобилизации радона из окружающих пород в этих зонах может накопиться большое его количество даже в тех случаях, когда породы не имеют повышенной радиоактивности. Подземные воды переносят радон на более длинные расстояния. Быстрый перенос радона по трещинам к поверхности может образовать аномальные выходы в атмосферу (эксхалционные аномалии). Эти аномалии могут представлять радонноопасность при жилищном строительстве. Они проявляются в резком отличии значений среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности радона для зданий, находящихся даже в небольшом районе.

Зная величину эксхалляции радона на территории предполагаемых стройплощадок, можно расчетным путем определить ЭРОА радона внутри планируемых к застройке зданий. Такой метод

оценки радонноопасности территорий перспективного строительства и конкретных стройплощадок позволяет еще до проведения строительных работ, сделать выбор мест застройки безопасных по радону. Количественно эксхалляция выражается через плотность потока радона, т.е. количеством газа, выделяющегося с единицы площади земной поверхности в единицу времени.

Методы исследования. Методика измерения эксхалляции радона, разработанная в нашем институте заключается в следующем. На точке наблюдения делается углубление на 15-20 см для снятия почвенного слоя. Устанавливается приемная кассета с сорбентом, представляющим собой металлический сетчатый цилиндр, заполненный активированным углем. После экспонирования в течение 14-15 часов сорбент извлекается из кассеты и помещается в герметичный контейнер. Через 3 часа (этого времени достаточно для установления равновесия между радонотом и его короткоживущими продуктами распада) измеряют активность накопившегося радона на гамма-спектрометре. Расчет плотности потока радона на точке наблюдения производится по формуле:

$$F = \frac{N \cdot \lambda}{K \cdot S \cdot e^{-\lambda T_2} \cdot [1 - e^{-\lambda T_1}]}$$

где n – измеренная скорость счета импульсов в аналитической области гамма-спектра, имп/мин; λ – константа распада радона ($2,1 \times 10^{-6} \text{с}^{-1}$); T_1 – время накопления радона на точке наблюдений; T_2 – время между снятием и измерением модуля; K – калибровочный коэффициент для перевода измеренной скорости счета импульсов в активность радона, имп/мин на 1 Бк; S – площадь приемной кассеты, м^2 . Предел обнаружения плотности потока радона при экспонировании сорбентов на точке наблюдения в течение суток равно $0,002 \text{Бк/м}^2 \cdot \text{с}$.

Результаты исследований. Для выяснения надежности методики измерения эксхалляции радона (в таком варианте) были проведены длительные режимные наблюдения (в течение 1996 года) на десяти точках, находящихся на одной линии (профиле) в двух метрах друг от друга. При небольшой мощности поверхностных отложений и в тех случаях, когда направление разлома и вектор сжатия не ортогональны, эти разломы проявляются в эманационном поле достаточно типичными аномалиями. На рис. 1 показаны профили 1 и 2, пересекающие разлом субмеридианального направления в северной части г. Улан-удэ. Расстояние между профилями 100 м, шаг измерений 10 м. Положение разлома относительно точек наблюдения показаны вертикальными стрелками. В обоих случаях исследуемый разлом выделяется в эманационном поле отчетливыми максимумами потока радона, смещенными к востоку от его положения определенного путем дешифрирования космоснимков.

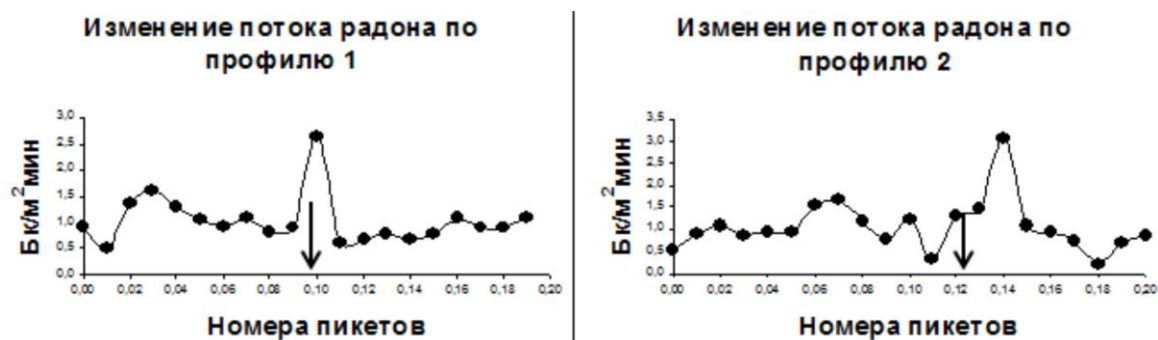


Рис. 1. Поток радона по профилям, пересекающих разлом

В этой же части города исследовался крупный региональный разлом субширотного направления. Для изучения эманационного поля в зоне его влияния проводились измерения потока радона по 7 профилям, пересекающим его с интервалом 50 м. Расстояние между точками наблюдения 5 м. Эманационные аномалии, превышающие фоновые значения потока радона в несколько раз, были установлены в точках наблюдения на пересечении основного разлома с примыкающим к нему небольшим разломом северо-восточного направления. На рис. 2 показано пересечение этого разлома профилем 3. Направление профиля 3 было задано перпендикулярно основному разлому, направление примыкающего разлома показано

стрелками. Измерения потока радона на профилях, пересекающих основной разлом за пределами аномальной зоны, показало, что его вариации практически не выходят за пределы фоновых значений.

Исследования на профиле 3, выполненные с шагом наблюдения 1 м (рис. 3), позволили установить, что протяженность аномальной зоны около 30 м при значительных вариациях потока радона на соседних точках наблюдения. Кроме того, было установлено несколько точек с повышенным потоком радона в северо-восточном направлении от аномальной зоны на профиле 3. Детальные исследования на точке пересечения разломов была выявлена аномальная зона площадью ~30*40 м.

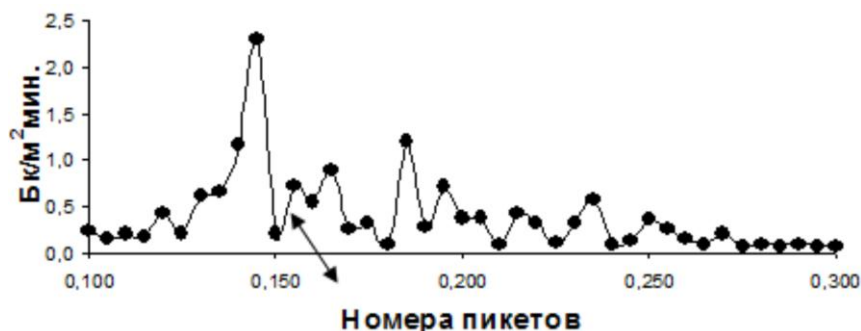


Рис. 2. Изменение потока радона по профилю 3

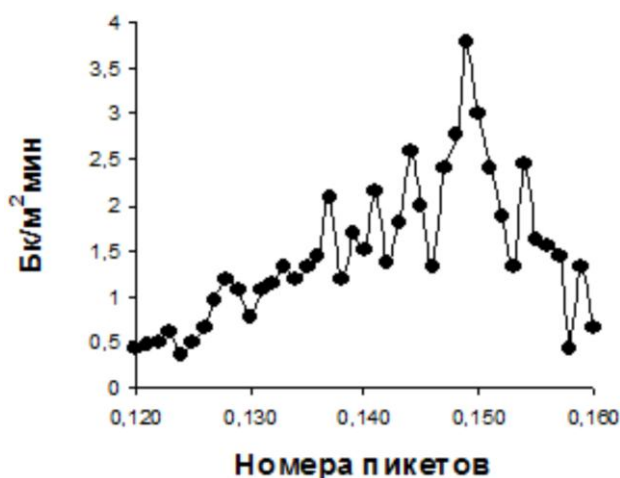


Рис. 3. Детализация аномалии на профиле 3

Исследование почвенного воздуха кайнозойских межгорных впадин Забайкалья (где нет проявлений рудной урановой минерализации) показало, что содержание радона достигает значений сопоставимых и превышающих концентрации зафиксированных в пределах урановых месторождений. Например, в Баргузинской впадине поток радона колеблется довольно в широких пределах 0,2-7,6 Бк/м²·мин. Отмечено, что в прибортовых частях отмечается некоторое повышение содержания радона. Борт впадины, ограничивающийся отрогами Икатского хребта, в среднем выделяется более высоким содержанием, чем ограничивающийся Баргузинским хребтом. Разброс значений потока радона внутри впадины, возможно, связан с неоднородностью фациального состава заполняющих ее отложений, тектоническими нарушениями. Повышенные содержания радона отмечаются вблизи русла р. Баргузин, резко повышенным содержанием

радона выделяется понижение в восточной части впадины, по которому заложено русло реки аргада. Возможно, эта аномалия связана с разломом поперечного, по отношению к впадине, заложения [5].

В пределах Усть-Селенгинской впадины определения радона в почвенном воздухе были проведены в пределах ее прибортовой части в районе ст. Посольск и в центральной – в районе с. Истомино. Эти участки различаются мощностью рыхлых отложений, перекрывающих коренные породы (на первом участке мощность рыхлых отложений не превышает 100 м, на втором – 2,5-3 км). Профиль, пройденный на западной окраине ст. Посольск, пересекает субширотный бортовой разлом, отделяющий впадину от кристаллического обрамления. Начало профиля находится в поле распространения коренных пород (гранитов), который характеризуется средними значениями потока радона 3-5 Бк/м²-мин. На этом фоне выделяются 3 точки со значениями потока 7-10 Бк/м²-мин, которые связаны с опережающими разрывами северо-восточного направления, проявляющимися понижениями в рельефе. Далее профиль проходит в поле распространения осадочных пород впадины. Фоновый поток радона для данного участка составляет 2 Бк/м²-мин. Бортовой разлом выделяется на этом фоне четырьмя пиками – 5-7 Бк/м²-мин. Далее по профилю фиксируются аномально высокие значения потоков радона (6-13 Бк/м²-мин), которые связаны с опережающими разрывными нарушениями дельтового разлома. В пределах профиля, расположенного восточнее, фоновые значения составляют 3-4 Бк/м²-мин. Над разрывными нарушениями поток радона достигает 6-15 Бк/м²-мин. В пределах профиля, который заложен в крест простираения дельтового разлома, фиксируются высокие потоки радона 4-7 Бк/м²-мин, что может быть обусловлено большой шириной зоны разлома.

В центральной части впадины в крест простираения берегового разлома, который выражен в рельефе уступом высотой 10 м были заложены два параллельных профиля, которые начинаются на заболоченном берегу Байкала и протягиваются от него в юго-восточном направлении. Для обоих профилей характерны низкие значения потока радона 1-3,5 Бк/м²-мин. Особенно низкие значения отмечены в начальных точках наблюдения. Эти точки расположены в заболоченной местности, где вода, вероятно, служит экраном для потока радона. Потоки радона в пределах профиля пересекающего субширотный колесовский разлом, характеризуются низкими значениями (1-3,5 Бк/м²-мин) без явно выраженных аномалий, соотносящихся с разломом [5]. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что содержание радона в почвенном воздухе в пределах центральной части Усть-Селенгинской впадины значительно ниже, чем в ее прибортовых частях. В прибортовой части впадины отмечаются значительные вариации значений потоков радона, связанные с разрывной тектоникой. Повышенные

содержания радона сопоставляются с положением внутрикоровых открытых разрывных нарушений северо-западного и субширотного направления. Наиболее высокими значениями потоков радона выделяется дельтовый разлом северо-восточного простираения, входящий в восточно-байкальскую систему глубинных разломов.

Были произведены замеры потока радона в Телецком озере. Телецкое озеро является одной из основных неотектонических структур Горного Алтая. Оно представляет собой сложно построенный грабен, формирование которого связано с реактивацией позднепалеозойских зон разломов. Одна из них (Западно-Саянская) контролирует формирование грабена в северной части озера. Представлены результаты исследования поведения радона и ртути в Западно-Саянской разломной зоне и вокруг нее. Измерялась активность радона в профилях, направленных перпендикулярно к активным разломным сегментам, что обеспечивало получение информации о современной геохимической тектонической активности Западно-Саянской разломной зоны.

Проведенные многолетние исследования эксхалационных радоновых полей в Забайкалье и Горном Алтае позволили установить некоторые черты и природу аномалий потока радона. Аномалии в большинстве случаев имеют ярко выраженный узколинейный характер. Образование контрастных эксхалационных аномалий, по-видимому, обусловлено ускоренным переносом радона конвективными потоками газа, циркулирующего по зонам тектонических нарушений. Установлено, что аномалии мало зависят от неоднородности приповерхностных образований, что также указывает на их глубинную природу. Наиболее контрастные аномалии зафиксированы на площади распространения гранитов. Величина аномальных значений эксхалации радона может варьировать во времени и пространстве. Это можно связать не только воздействием метеорологических факторов, которые проявляется неоднозначно, и являются в большинстве случаев незначительными. В этом случае может влиять и сейсмический фактор.

Выводы: уникальное положение территории в Зайкальской радиогеохимической провинции Саяно-Байкальской складчатой сейсмоактивной области со значительным количеством природных радиоактивных объектов (месторождений, рудопоявлений и радиоактивных аномалий) и сопутствующими высокими показателями радиационного фона по мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и радону позволяют объективно отнести территорию РБ к провинции радиационного неблагополучия, высокого радонового риска с весьма высокими концентрациями радона в геологической среде (горные породы, разломы, воды и почвы) и в жилых помещениях. Необходимо проводить широкие радонометрические исследования в геологической среде, а также радиационно-гигиенические обследования воздушной среды в зданиях жилого фонда и социально-

бытового назначения с целью выявления групп риска населения в соответствии с дозовыми нагрузками за счет радона. В связи с этим в 1996 г. в РБ была разработана республиканская целевая программа снижения уровня облучения населения и производственного персонала от природных источников ионизирующего излучения. Однако отсутствие финансирования не позволило исполнителям даже приступить к ее реализации. Реализация подобных исследований могла бы обеспечить снижение средней дозы облучения за счет природных радионуклидов на 25-50%. Особое значение приобретает проведение широкомасштабных обследований в целях выявления жилых и производственных помещений, характеризующихся высокими уровнями облучения радоном и продуктами его распада, организовать осуществление защитных мероприятий, разработать систему нормативных документов, касающихся снижения риска, связанного с облучением от природных источников ионизирующего излучения, сформировать необходимую информационно-аналитическую базу и обеспечить ее ведение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атлас Республики Бурятия / под ред. А.Б. Иметхенова. – М.: Роскартография, 2000. 48 с.
2. Воронов, Ю.Н. Объяснительная записка к карте радиоактивных объектов м-ба 1:500 000 на территории Республики Бурятия. Отчет спецпартии № 1 за 1996-1999 гг. / Ю.Н. Воронов, Т.И. Гречаник, А.П. Гусев. – Улан-Удэ, Бурятгеоцентр, 2000. 32 с.
3. Дехандшуттер, Б. Радоновые аномалии как показатель активности Западно-Саянского разлома в северной части Телецкого озера (Горный Алтай) / Б. Дехандшуттер, В.А. Бобров, Р. Хус и др. // Геология и геофизика, 2002. Т. 43, № 2. С. 128-141.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности СП 2.6.1.2612-10. – М.: федеральный Центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 83 с.
5. Плюсин, А.М. Радон в поверхностных и подземных водах Забайкалья: условия и закономерности растворения / А.М. Плюсин, Н.Е. Астахов, Е.Г. Перязева // Матер. III междунар. конф. "Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека" (23-27 июня 2009 г.) – Томск: STT, 2009. С. 444-448.
6. Публикация 65 МКРЗ "Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах". – М.: Энергоатомиздат, 1995. 78 с.
7. Радиация: дозы, эффекты, риск. – М: Мир, 1988. 79 с.
8. Уткин, В.И. Радоновая проблема в экологии // Со-росовский образовательный журнал. 2000. Т. 6, № 3. С. 73-80.

RADON ANOMALIES OF SOME BREAK ZONES IN BURYATIA AS THE FACTOR OF RADIATION RISK

© 2015 N.E. Astakhov, S.V. Bartanova, C.A. Tubanov

Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude

Long-term researches the radon exhalation fields showed that anomalies are most often fixed over breaks, participating in a modern bulge forming. In many cases radon is considered as the serious ecological danger capable to increase risk of oncological diseases. The territory of buryatia the characterized broad development of highly radioactive granitoids with presence at breeds of the neotectonic zones of a jointing representing system of open cracks and a time that favors to a radon exit.

Key words: *radon, breaks, radiation risk*

Nikolay Astakhov, Minor Research Fellow. E-mail:

astahov@gin.bscnet.ru

Svetlana Bartanova, Engineer. E-mail: bartanova@list.ru

Tsiren Tubanov, Candidate of Geology and Mineralogy,

Chief of the Methods of Seismo-Forecasting

Laboratory. E-mail: geos@gin.bscnet.ru