
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ПОЧВЕ И ВОДЕ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

¹Амиранашвили А.Г., ¹Челидзе Т.Л., ²Меликадзе Г.И., ²Треков И.Ю.,
¹Тодадзе М.Ш., ¹Чанкветадзе А.Ш., ³Челидзе Л.Т.

¹Институт геофизики им. Михаила Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Алексидзе, 1, Авто, Amiranashvili@Excite.com

²Центр сейсмического мониторинга, 0177, Тбилиси, ул. Нурубидзе, 77
melikadze@gmail.com

³Министерство по охране окружающей среды и природных ресурсов Грузии,
0114, Тбилиси, ул. Гула, 6

Инертный газ радон сопровождает человека с древних времен. В пещерах его было гораздо больше, чем в современном жилье. Однако лишь недавно ученые установили, что радон является наиболее весомым из всех естественных источников ионизирующей радиации.

Этот газ постоянно поступает в атмосферу из земных пород: радон - при делении ядер урана-238, а торон - при делении ядер тория - 232. Порода, содержащих уран и торий, в земной коре довольно много (например, граниты, фосфориты). Поэтому убыль радона постоянно компенсируется и в атмосфере существует его некая равновесная концентрация. Радон растворяется в подземных водах и вместе с ними также может выходить на земную поверхность. Кроме этого, мощным источником поступления радона в атмосферу являются энергетические предприятия, работающие на органическом топливе - угле, сланце, нефти.

Все изотопы радона радиоактивны и довольно быстро распадаются: самый устойчивый изотоп: радон-222 (радон) имеет период полураспада 3.8 суток, второй по устойчивости: радон-220 (торон) - 55.6 секунды. Распадаясь, радон выделяет тяжелые альфа-частицы, которые, попадая в организм человека, способны нанести его здоровью непоправимый вред. Кроме этого, распад радона сопровождается образованием радиоактивных изотопов свинца, висмута и полония. Продукты распада радона — твердые частицы (аэрозоли) настолько мелкие, что они могут очень долго находиться во взвешенном состоянии в воздухе, вместе с ним попадая в легкие. Во всех развитых странах мира уже проведено или ведется в настоящее время картографирование территории с целью определения зон с высокими концентрациями радона. Обследуются также сотни тысяч зданий, чтобы выявить квартиры и дома, в которых содержание радона превышает допустимый уровень.

В Грузии имеются давние традиции исследования радона в атмосферном воздухе и водных источниках. Так, высокие концентрации радона (до 4000 Бк/м³) наблюдаются в Ново-Афонской и Цхалтубской карстовых пещерах [1,2]. В Тбилиском метрополитене содержание радона в условиях работы метрополитена достигало 90 Бк/м³ [3]. Над тектоническими разломами концентрация радона в приземном слое воздуха была почти в три раза выше, чем вне разлома [4]. Значительное количество работ было посвящено изучению радона в качестве пассивной и активной малой составляющей атмосферы при исследованиях микрофизических, динамических, фотохимических и других процессов, протекающих в облаках и атмосфере [5,6]. Предварительные оценки облучения радоном населения в жилых домах были проведены в [7].

Определение содержания радиоактивных элементов в водах источников Грузии проводится с 1912 года (главным образом радиоактивные элементы уранового ряда: уран, радий и радон). В период после Второй Мировой войны эти работы нашли свое продолжение в Институте геофизики АН Грузии [7-9]. Концентрация радона определялась вакуумным и циркуляционным методами.

Эманационные измерения проводились электрметрами СГ-1М и СГ-2М, используя при вычислениях 1, 2 и 3-х часовой ионизационный ток, проводя калибровку приборов 3-4 раза в месяц. Всего по Грузии на радон было исследовано более 7000 источников. К сожалению результаты измерений радона в воде представлены в виде следующих градаций: < 148 Бк/л, < 370 Бк/л, n-370 Бк/л и максимальная концентрация, что, учитывая также утерю всего первичного материала, сильно затрудняет современную интерпретацию этих данных.

Новый импульс в исследовании содержания радона в почве и воде, с точки зрения его влияния на здоровье людей, был получен Институтом геофизики им. М.Нодиа в 2007 году в виде выполнения проекта УНТЦ № 3992. В данной работе представлены предварительные результаты исследований радона в почве на глубине 80-100 см и водных источниках (главным образом колодцах) в некоторых районах Западной Грузии (часть Имерети, Гурии, Самегрело). Измерения проводились с помощью имеющейся (эманометр “Радон”) и современной аппаратуры PPA-01M “Альфафад” (производство России) и SISIE (производство Чехии).

Оценка потенциальной радоноопасности территории нормам застройки вблизи обследуемого здания определяется следующими факторами, перечисленными ниже в порядке убывания своей значимости [12]: Эквивалентная Равновесная Объемная Активность (ЭРОА) или Объемная Активность (ОА) изотопов радона в принимаемых в эксплуатацию или эксплуатируемых зданиях, расположенных на данной территории застройки; ПП - плотностью потока (интенсивностью экскаляции) (мБк/с·м²) радона с поверхности земли; ОА радона в почвенном воздухе на глубине 1 метра от поверхности земли; удельной активностью радия-226 в слоях пород геологических разрезов.

При дыхании человек в сутки пропускает около 20 кубических метров воздуха. Даже при ничтожном содержании радона в воздухе, в легких может накапливаться значительное количество радиоактивных продуктов его распада, которые создают внутреннее облучение легких. Это вызывает развитие различных легочных заболеваний, в частности, рака. Радон и продукты его распада создают внутреннее облучение. Эффективные эквивалентные дозы, получаемые при этом человеком, невозможно непосредственно измерить. Поэтому нормативные документы ограничивают предельное содержание радона в воздухе жилых помещений. В соответствие с действующими нормативными документами, в новых жилых домах содержание радона не должно превышать 100 Бк/м³, в старых домах допускается содержание радона до 200 Бк/м³ [12].

В соответствие с этими нормами в табл. дана приближенная оценка потенциальной радоноопасности территорий, разбитой на 3 категории. Допускается производить оценку потенциальной радоноопасности территории застройки на основе известного значения одного из четырех факторов, приведенных в табл. Если известны значения двух и более факторов, приведенных в табл., то потенциальную радоноопасность территории вблизи обследуемого здания оценивают по значению, соответствующему наибольшей степени потенциальной радоноопасности.

Табл.

Категория потенциальной радоноопасности территории	ЭРОА изотопов радона Бк/м ³	ПП радона мБк/с·м ²	ОА радона в почве кБк/м ³	Удельная активность радия-226 Бк/кг
I	<25	<20	<10	<100
II	25 - 100	20 - 80	10 - 40	100 - 400
III	>100	>80	>40	>400

В настоящее время также возросла актуальность проблемы изучения радиоактивности в подземных водах. Это связано с введением новых норм радиационной безопасности и ужесточением требований к качеству питьевых вод. На первый план выходят экологические аспекты. Новые требования к питьевым водам не допускают содержание радона более чем 60 Бк/л [12]. Однако многие подземные источники содержат воды с гораздо более высокой концентрацией радона. При наличии определенной минеральной составляющей такие воды могут использоваться для лечебных целей. Для минеральных источников, используемых в качестве лечебных вод, нормы могут быть устанавливаются на месте, в зависимости от специфики их применения.

Ниже представлены некоторые результаты анализа полученных нами нескольких сотен данных измерений содержания радона в почве и воде в указанных районах Грузии в 2007-2008 гг. На данном этапе исследования классификация данных по типам почв, условиям погоды и др. не проводилась.

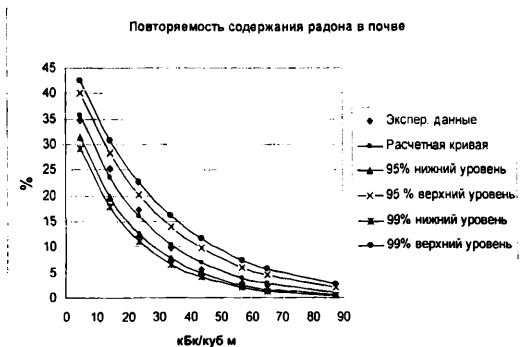


Рис. 1

Повторяемость содержания почвенного радона в различных районах Западной Грузии.

$$Y = 43.197 \cdot \exp(-0.0423 \cdot X), \quad R^2 = 0.991, \quad \alpha = 0.01$$

На рис. 1 представлена повторяемость содержания почвенного радона в исследуемых районах. Как следует из этого рис.1. расчетное значение повторяемости почвенного радона удовлетворительно описывается экспоненциальной зависимостью (соответствующие значения коэффициентов уравнения регрессии, а также коэффициента детерминации и уровня значимости приведены в подрисуночной подписи). На этом же рис. приведены расчетные значения 95% и 99% доверительных интервалов для нижней и верхней границ указанной повторяемости. Отметим, что по данным измерений около 35% исследуемой территории относится к I категории потенциальной радоноопасности, 53% территории – ко второй категории и 12% - к третьей, наиболее радоноопасной категории (см. табл.).

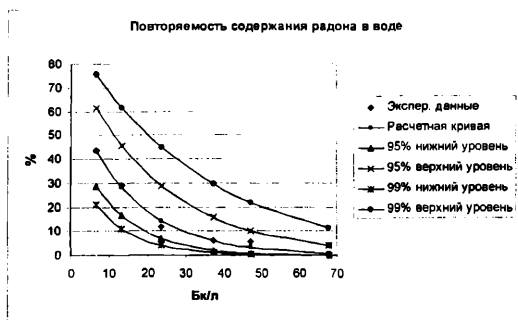
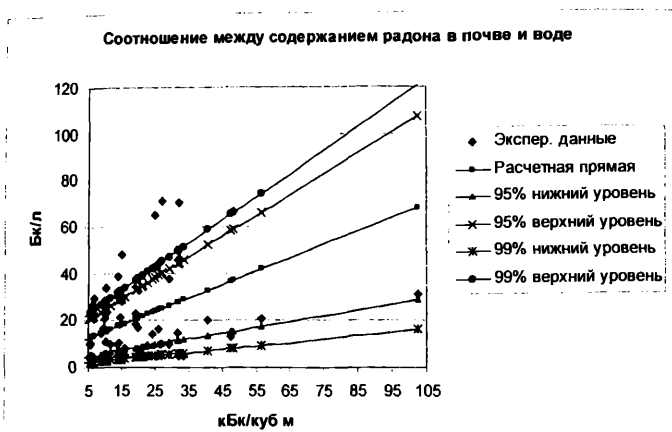


Рис. 2

Повторяемость содержания радона в воде в различных районах Западной Грузии.

$$Y = 65.85 \cdot \exp(-0.0646 \cdot X), \quad R^2 = 0.981, \quad \alpha = 0.01$$



Соотношение между содержанием радона в почве и воде в различных районах Западной Грузии.

$$Y = 0.5733 \cdot X + 9.507, \quad R = 0.41, \quad \alpha = 0.01$$

На рис. 2 представлена повторяемость содержания радона в воде в указанных районах Западной Грузии. Как и в предыдущем случае расчетное значение повторяемости радона в воде удовлетворительно описывается экспоненциальной зависимостью (соответствующие значения расчетных параметров приведены в подписи к рисунку). В данном случае по результатам измерений около 96% исследуемых колодцев содержат воду с концентрацией радона менее 60 Бк/л, и несколько более 4% - воду с концентрацией радона превышающей уровень вмешательства.

Корреляционное соотношение между содержанием радона в почве и воде приведено на рис. 3. Как следует из этого рис., несмотря на значительный разброс данных, между исследуемыми характеристиками все же отмечается положительная линейная корреляционная зависимость (коэффициент корреляции равен 0.41 с уровнем значимости $\alpha = 0.01$). Это тем более важно, что классификация данных по типам почв, их проницаемости, влажности, особенностям конструкции колодцев и др. не проводилась.

Таким образом, в указанных районах Западной Грузии имеются территории с высокой степенью радоноопасности как в почвенном воздухе, так и в воде.

Литература

1. Балабуев А.Г., Нодия А.Г., Амиранашвили А.Г., Балавадзе А.Ш., Тинтилозов З.К. – Ионизационное состояние и естественная радиоактивность воздуха в Ново-Афонской пещере, Матер. Докл. 2-го Респ. Семинара по некоторым вопросам физики земли, атмосферы, ионосферы и космических лучей, Тбилиси, 28-30 декабря 1977, 50-50.
2. Амиранашвили А., Джишкарцани Д., Нодия А., Таташидзе З., Сепиашвили Р. – Содержание аэроионов и естественная радиоактивность воздуха в Цхалтубской пещере, АН Грузии, Тбилиси, 1994b, 1-53, (in Russian).
3. Amiranashvili A., Bliadze T., Nodia A., Nikiforov G., Chelidze L., Chikhladze V., Khazaradze K., Khazaradze R. – Several researched results of radon concentrations in human environment, Proc. 1st Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Tbilisi, Georgia, October 6-7, 2001, 61-62.

4. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Gambashidze R.A., Khunjua A.T., Nodia A.G. – Preliminary Results of Investigations of Variations of Atmospheric Electric Parameter Peculiarities Over Tectonic Fractures and During Earthquakes, Proc. 12th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June, vol.1, 2003, 403-406.
5. ამირანაშვილი ა.გ., გზირიშვილი თ.გ. - აეროზოლი და ლედანური კრისტალები ატმოსფეროში, თბილისი, მეცნიერება, 1991, 1-113.
6. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures, Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci. , ISSN 1512-1135, vol. LIX, 2005, 1-128.
7. ზაზარაძე რ.ე., ზაზარაძე კ.რ. – კ ვიწროვანი მოსახლეობის რადონით დასაბრუნების გეგმა, ატმოსფერული ცენტრის მიწვევა, თბილისი, 2000, 1-3.
8. ჩხენკელი შ.მ., ტოროზოვა ლ.ი., ცერეთელი ც.ი. – რადიოაქტიურობის მქონე წყლის და მინერალური წყლის წყაროების რადონის შემცველობის კვლევის შედეგები, ტრუდის ინსტიტუტის გეოფიზიკის აკადემიის ნაშრომები, ტომ 1, ივ. ან გ.ს.ს.ს., თბილისი, 1957, 91-96. (in Russian).
9. ტოროზოვა ლ.ი. - კ ვიწროვანი რადიოაქტიურობის ცხატუბურ მინერალური წყლის წყაროების რადონის რაოდენობის კვლევის შედეგები, ტრუდის ინსტიტუტის გეოფიზიკის აკადემიის ნაშრომები, ტომ 17, ივ. ან გ.ს.ს.ს., თბილისი, 1958, 383 – 404, (in Russian).
10. ჩხენკელი შ.მ., ამელინი ა.ს., ხარაოვა ი.ბ. – კ ვიწროვანი რადიოაქტიურობის მქონე წყლის და მინერალური წყლის წყაროების რადონის რაოდენობის კვლევის შედეგები, ტრუდის ინსტიტუტის გეოფიზიკის აკადემიის ნაშრომები, ტომ 19, ივ. ან გ.ს.ს.ს., თბილისი, 1960, 175-191, (in Russian).
11. მელაძე გ.კ. – კ რადიომეტრიკული მახასიათებელი მინერალური წყლის და მინერალური წყლის წყაროების რადონის რაოდენობის კვლევის შედეგები, ტრუდის ინსტიტუტის გეოფიზიკის აკადემიის ნაშრომები, ტომ 19, ივ. ან გ.ს.ს.ს., თბილისი, 1960, 171-176, (in Georgian).
12. СП-2.6.1-758-99 - Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы, Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, М., 1999, 116, (in Russian).

**დასასრულად საპარტემენტო სხვადასხვა რადონში ნიადაგში
და წყალში რადონის შემცველობის კვლევის წინასწარი შედეგები**

ამირანაშვილი ა., ჭელიძე თ., მელიქაძე გ., ტრეკოვი ი.,
თოდაძე მ., ჭანკვაძე ა., ჭელიძე ლ.

რეზიუმე

ნიადაგში და წყალში რადონის შემცველობის განმეორადობა დამაკმაყოფილებელი აღიწერება ექსპონენციური დამოკიდებულებით. ნიადაგში და წყალში რადონის შემცველობას შორის არსებობს პირდაპირი კორელაციური დამოკიდებულება. საკვლევი ტერიტორიის 12% მიეკუთვნება მაღალი რადონის შემცველ კატეგორიას. გამოკვლეული ჭების 4%-ზე მეტში დაფიქსირებულია წყალში რადონის მაღალი მნიშვნელობები.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В
ПОЧВЕ И ВОДЕ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ**

**ამირანაშვილი ა.გ., ჩელიძე თ.ლ., მელიქაძე გ.ი., ტრეკოვი ი.ი.,
თოდაძე მ.შ., ჭანკვაძე ა.შ., ჩელიძე ლ.ტ.**

Реферат

Повторяемость содержания радона в почве и воде удовлетворительно описывается экспоненциальной зависимостью. Между содержанием радона в почве и воде имеется прямая

корреляционная связь. К наиболее радоноопасной категории относится 12% исследуемой территории. Более 4% исследованных колодцев содержат воду с повышенной концентрацией радона.

PRELIMINARY RESULTS OF THE ANALYSIS OF RADON CONTENT IN THE SOIL AND WATER IN DIFFERENT REGIONS OF WEST GEORGIA

**Amiranashvili A., Chelidze T., Melikadze G., Trekov I.,
Todadze M., Chankvetadze A., Chelidze L.**

Abstract

The repetition of radon content in the soil and water is satisfactorily described by exponential dependence. Between the content of radon in the soil and water is a direct correlation. To radon dangerous category are placed 12 % the investigated territory. More than 4% investigated wells contain water with the increased concentration of radon.