

УДК 550.424:574(479.24)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

© 2017 г. Ч.С. Алиев, А.А. Фейзуллаев, Р.Дж. Багирли, Ф.Ф. Махмудова

Институт геологии и геофизики Национальной академии наук Азербайджана,  
г. Баку, Азербайджан

Описаны методики и результаты замеров объемной активности (концентрации) радона на территории Азербайджана (внутри жилых и производственных помещений, в почвенном воздухе, термальных водах и грязевых вулканах). Установлено, что концентрации радона внутри помещений изменяются в широких пределах – от 20 до 1110 Бк/м<sup>3</sup>, около 7 % общего числа измерений превышают предельно допустимые для Азербайджана нормы (200 Бк/м<sup>3</sup>). На основе полученных данных впервые были построены карты распределения объемной активности радона в помещениях на территории Азербайджана. Установлена приуроченность повышенных концентраций радона к горно-складчатым массивам: Большому и Малому Кавказу и Талышу. Концентрация радона в воздухе помещений хорошо согласуется с содержанием радона в почвенном воздухе. Содержание радона в термальных водах в целом невысокое, за исключением воды одного углекислого источника на Талыше, где его концентрации выше предельно-допустимого уровня, принятого для питьевой воды. Выявлены повышенные значения объемной активности радона в грязевых вулканах (особенно в газах, выделяющихся из грифонов). На основании комплексной обработки полученных данных сделан вывод о естественной природе повышенных значений объемной активности радона в части обследованных жилых помещений на территории Азербайджана.

*Ключевые слова:* радон, естественная радиоактивность, жилые помещения, концентрация радона, распределение радона.

### Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, радон – один из наиболее канцерогенных и радиоактивных газов [Radon and health..., 2014]. Радон и его дочерние продукты ответственны за 50–90 % суммарного радиационного облучения природными источниками. Согласно данным Международной комиссии по радиологической защите, они проникают в организм человека из воздуха и могут вызывать рак легких. Рак легких, вызванный радоновым облучением, является шестой по частоте причиной смерти от рака [Darby et al., 2001].

Радон выделяется земной поверхностью повсеместно. Источником радона являются в первую очередь горные породы, которые содержат то или иное количество урана, и развитые на них почвы. Радон, содержащийся в почвенном воздухе, – основной поставщик радона в жилые помещения. Радон хорошо растворяется в воде. Эксперты Международного агентства по исследованию рака считают, что из воды в здания поступает до 20 % общего содержания радона, а объемная активность радона, как правило, снижается при вентиляции помещения [Toxicological profile ..., 2012].

Проблема радона уже давно исследуется в разных странах, в том числе в тех, где экологическая обстановка считается благоприятной. В настоящее время во многих странах проведен мониторинг концентрации радона в зданиях как первый этап оптимизации защиты населения [Handbook..., 2009]. Высказываются предложения дополнять подобные мероприятия личным контролем радиационной обстановки [Сидорин, 2013].

На территории Азербайджанской Республики до 2010 г. исследования по определению уровня радона в жилых помещениях не проводились. Поскольку проблема влияния радона на здоровье населения является весьма актуальной, создание кадастра радона является инструментом, который позволит организациям, ответственным за здравоохранение, иметь общее представление о радиационной ситуации.

Исследования объемной активности радона внутри помещений в Азербайджане были впервые проведены в 2010–2011 гг. при финансовой поддержке Швейцарского Национального научного фонда (Swiss National Science Foundation, SNSF) в рамках гранта «Создание кадастра и карты распространения радона в Азербайджане с использованием швейцарской методологии и опыта». Эти исследования проводились совместно Центром компетенции по радону (Radon Competence Centre, RCC) Университета прикладных наук и искусств Южной Швейцарии (SUPSI) и Институтом геологии и геофизики Национальной академии наук Азербайджана (ИГГ НАНА). Одновременно с исследованиями объемной активности радона проводились радиометрические работы. Результаты ранее проведенных в Азербайджане радиометрических исследований показали, что естественный радиационный фон территории Азербайджана находится в средних характеристиках для пород и почвы Земли пределах и равен примерно 60–80 нЗв/ч. Вместе с тем были установлены связи между характеристиками естественных радиационных полей и геологическими структурами на исследуемой территории [Алиев, Аббасова, 2006].

В 2014–2015 гг. исследование проблемы радона в Азербайджане было продолжено в рамках «Программы мероприятий по изучению проблемы радона на 2014–2018 гг.». Эта программа предусматривает наряду с продолжением замеров объемной активности радона внутри жилых и производственных помещений изучение его и за их пределами (в почве, минеральных и термальных водах, грязевых вулканах). В данной статье отражены результаты этих исследований.

### Методические аспекты

Для замеров радона внутри помещений RCC были предоставлены Институту геологии и геофизики НАНА 2500 трековых радоновых детекторов «Radtrak2» шведской фирмы «Landauer Nordic». Погрешность измерения радона этими детекторами составляет примерно 1 %. На основе опыте ранее выполненных замеров радона внутри помещений авторы оценили общую погрешность выполненных измерений в 12 %.

«Radtrak2» представляет собой альфа-трек-детектор, который может быть использован для длительных (2–6 мес.) измерений при мониторинге содержания радона. Большой диапазон детектора позволяет проводить измерение уровней концентрации радона от 15 до 25 000 Бк/м<sup>3</sup>. Детектор состоит из пленочного элемента (иономерный полиэти-

лен  $C_{11}H_4O_4N_2$ ), расположенного внутри контейнера, изготовленного из специального антистатического пластика, который пропускает радон путем диффузии.

Детекторы радона были размещены преимущественно на первых этажах жилых и некоторых промышленных зданий в различных регионах Азербайджанской Республики в ноябре–декабре 2010 г. и январе–феврале 2011 г. Время экспозиции было различным, но не менее двух месяцев. 50 детекторов экспонировалось в марте–апреле 2011 г. в помещениях промышленных зданий на территории нефтяных промыслов Апшеронского полуострова.

При установке детекторов заполнялись опросные анкеты, включающие: код детектора, даты установки и снятия, точный адрес, координаты и план строения, этаж и расположение комнаты, где устанавливался детектор, тип строительного материала, из которого построено здание, и т.д.

После окончания работ упакованные в специальную пленку детекторы были отправлены в Швецию на обработку. При обработке учитывался сезон (в нашем случае – зимний) экспозиции детекторов.

Для выявления природы повышенных значений объемной активности радона и их связи с геологическим строением территории в 2015–2016 гг. проводились дополнительные замеры объемной активности радона. Внутри жилых помещений замеры проводились с помощью радиометра «RadonScoutPlus» (РГА-1100 Плюс), а в почве и воде – с помощью радиометра радона RAD7.

Прибор RAD7 – радиометр радона на основе альфа-полупроводникового детектора, работающего в режиме спектрометрии, что позволяет разделять сигналы, поступающие от радона и от торона. В приборе использован кремниевый полупроводниковый детектор с большой площадью чувствительной поверхности, работающий при комнатной температуре, что позволяет его широкое применение (в отличие, например, от гелиевых полупроводниковых детекторов).

Радиометр «RadonScoutPlus» служит для долговременного мониторинга объемной активности (концентрации) радона в помещениях. В сравнении с другими пассивными радиометрами радона радиометр РГА-1100 Плюс обладает высокой чувствительностью, поэтому любые изменения содержания радона в воздухе помещения точно регистрируются даже при низких его концентрациях. Радиометр работает в диффузионном режиме, что исключает возможное влияние торона на результаты измерений. Измерительная камера с полупроводниковым детектором и высоковольтным электродом невосприимчива к колебаниям влажности воздуха.

Радиометр «RadonScoutPlus» устанавливался нами в различных жилых комнатах одного дома на три дня. В зависимости от количества комнат общая продолжительность работы прибора в одном доме составляла 7–12 дней. При этом в комнате, где устанавливался прибор, на время его работы старались уменьшить влияние вентиляции (окна и двери по мере возможности оставались закрытыми).

Измерения гамма-фона почвы проводились с помощью дозиметра-радиометра МКС-АТ1125.

### Результаты исследований

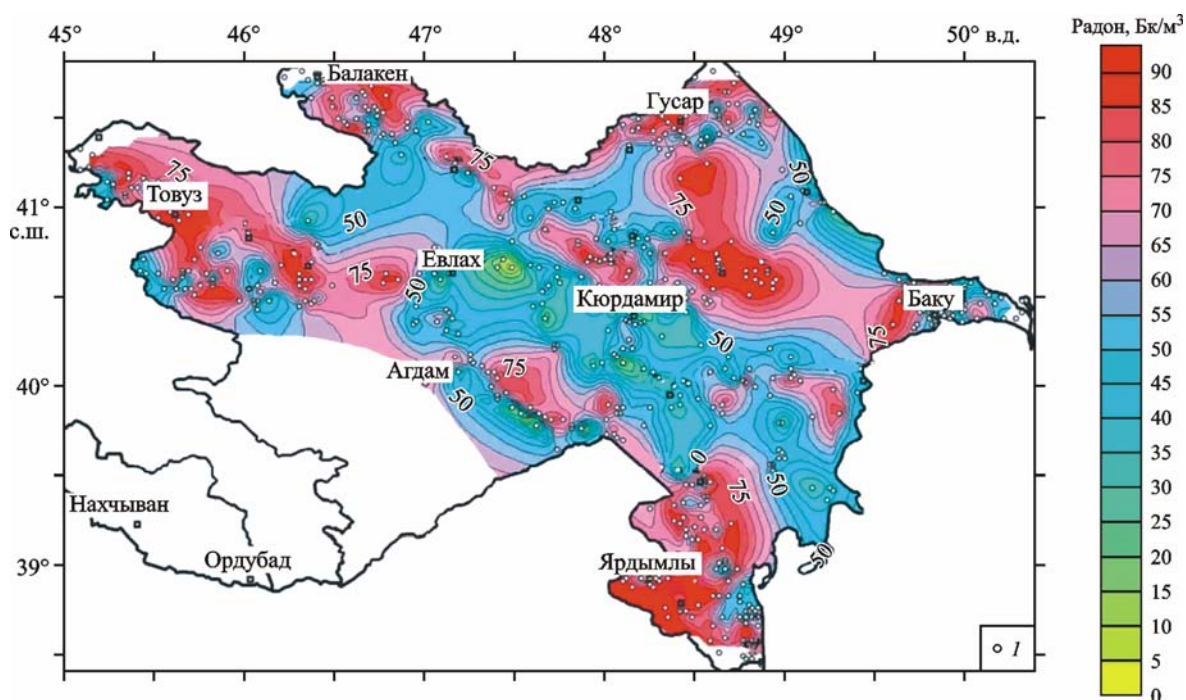
Территория Азербайджана морфологически представлена горно-складчатым массивами Большого Кавказа, Малого Кавказа, Талыша и Каспийским морем. Между указанными горно-складчатыми массивами расположена Куринская низменность. Общая площадь Азербайджана – примерно 86 600 км<sup>2</sup>.

В геологическом строении Азербайджана принимают участие осадочные, метаморфические и магматические формации широкого стратиграфического интервала. Большой и Малый Кавказ сложены осадочными и вулканогенно-осадочными формациями юрского, мелового и палеогенового возраста, Талыш – осадочными и вулканогенно-осадочными породами палеогенового возраста. В пределах Куринской межгорной впадины развиты молодые неоген-четвертичные породы.

### Содержание радона внутри помещений

Замеренные концентрации радона внутри помещений изменяются в широких пределах – от почти «чистых» по радону домов до  $1110 \text{ Бк/м}^3$ . Из 2407 домов, где были проведены замеры, в 169 концентрация радона оказалась выше  $200 \text{ Бк/м}^3$ , в 418 она колебалась между 100 и  $200 \text{ Бк/м}^3$ , а в остальных составляла менее  $100 \text{ Бк/м}^3$ . Полученные данные были обработаны с использованием статистических методов. Фоновое значение содержания радона в воздухе помещений составило примерно  $120 \text{ Бк/м}^3$ . Все показатели, находящиеся выше этого значения, были приняты статистически повышенными. С точки зрения опасности для здоровья людей, особое внимание было обращено на жилые помещения, где концентрации радона превышают максимально допустимые для Азербайджана нормы ( $200 \text{ Бк/м}^3$ ). Количество таких домов составило около 7 % общего количества обследованных объектов.

На основе полученных данных была построена карта распределения объемной активности радона в помещениях на территории Азербайджана (рис. 1). На карте видно, что области с повышенными значениями объемной активности радона приурочены к горно-складчатым массивам; более низкие значения характерны для Куринской низменности, сложенной современными осадками. Исходя из этого, можно предположить, что высокие значения объемной активности радона связаны с относительно древними сильнодислоцированными породами.



**Рис. 1.** Распределение содержания объемной активности радона внутри помещений на территории Азербайджана

1 – населенные пункты, в которых проводились замеры объемной активности радона

### ***Замеры объемной активности радона вне помещений***

*Радон в почвенном воздухе.* Объемную активность радона вне помещений измеряли с помощью радиометра радона RAD7, который работал следующим образом. Перед началом измерений проводилась продувка радиометра, после чего устанавливался нужный протокол программы и давался старт на проведение измерения (насос начинал качать подпочвенный воздух). После пятиминутной закачки воздуха насос выключался. Прибор проводил 4 пятиминутных цикла измерений. Через 30 мин после старта радиометр автоматически, на основании результатов четырех пятиминутных циклов замеров, определял среднюю величину объемной активности радона в почвенном воздухе. Результаты измерений выводились на печать.

При проведении измерения зонд для отбора почвенного воздуха внедряется в пробуренный шпур. Глубина шпура в зависимости от твердости грунта составляла обычно 0.4–1.0 м (на меньших глубинах велико влияние атмосферных условий, а на глубинах больше 1 м возрастают сложность и время бурения шпура). После того как зонд введен в землю, грунт вокруг зонда утрамбовывался для предотвращения проникновения воздуха с поверхности к воздухозаборнику на наконечнике зонда по зазору между грунтом и зондом.

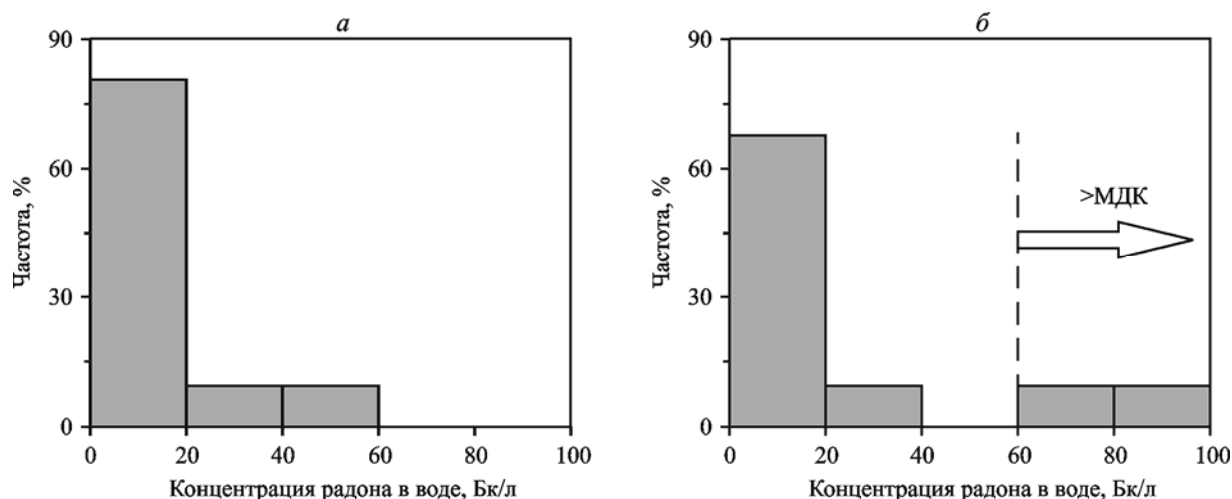
Описанный метод позволяет наиболее быстро (40–50 мин) проводить измерения в полевых условиях, используя для этого наименьшее количество почвенного газа. Погрешность замера зависит от концентрации радона в почвенном воздухе и составляет в основном  $\pm 10\%$ .

Территория Азербайджана относится к зоне молодой альпийской складчатости; ее поверхность покрыта молодыми геологическими образованиями с низким содержанием радионуклидов, что приводит к низкой эманации радона. Объемная активность радона в почвенном воздухе, замеренная в пределах Южного склона Большого Кавказа, изменяется от 30 до 11 000 Бк/м<sup>3</sup> (в среднем – 946 Бк/м<sup>3</sup>). Высокие концентрации радона в почвенном воздухе наблюдались в основном в сейсмически активном Шемахинском районе, где повышенные значения объемной активности радона отмечены также и внутри помещений.

*Радон в термальных водах.* Замеры объемной активности радона в образцах воды также осуществлялось с помощью радиометра радона RAD7. Во избежание ошибок при измерении отбор пробы воды осуществлялся таким образом, чтобы она максимально не контактировала с воздухом. Проба воды набиралась в сосуд объемом 250 мл (сосуд заполнялся полностью и плотно закрывался).

Для уменьшения содержания влаги внутри измерительной камеры прибора перед проведением измерений проводилась ее кратковременная продувка по возможности сухим воздухом. После этого задавалась нужная программа и запускался насос. Насос работал 5 мин, в течение которых шел процесс азирования. Во время аэрации более 95 % радона, содержащегося в пробе воды, удалялось из нее и доставлялось в измерительную камеру. После пятиминутного ожидания принтер распечатывал отчет в короткой форме. После этого прибор проводил 4 пятиминутных цикла измерений. В конце цикла измерений (через 30 мин после старта) распечатывалась конечная сводка, включающая среднюю величину объемной активности радона в пробе воды в четырех просчитанных циклах, диаграмму и кумулятивный спектр. Величина объемной активности радона рассчитывалась прибором автоматически.

Анализ девяти естественных выходов термальных вод на Малом Кавказе и семи – на Талыше (рис. 2) позволил установить изменение объемной активности радона в широких пределах – от 0.4 до 93.3 Бк/л. В целом термальные воды классифицируются как слаборадоновые. Согласно установленным нормам для питьевой воды, они не представляют опасности для здоровья населения, за исключением родника Булудул в Талышском районе, где содержание радона более чем в 1.5 раза превышает максимально допустимые концентрации (см. рис. 2).



**Рис. 2.** Гистограмма распределения значений объемной активности радона в термальных водах Малого Кавказа (а) и Талыша (б)

МДК – максимально допустимые концентрации радона в питьевой воде, принятые для России [Ионизирующее излучение..., 1999]

*Радон в брекчии грязевых вулканов.* В Азербайджане расположено наибольшее количество грязевых вулканов мира: примерно 190 вулканов на суше и 160 в море. Грязевые вулканы, расположенные на суше, достаточно хорошо изучены. Нами проведены замеры интегральной радиоактивности брекчии некоторых грязевых вулканов и концентрации радона в почвенном воздухе (в брекчии). Результаты замеров приведены в табл. 1.

Результаты наших измерений показывают, что, как правило, распределение повышенных значений гамма-поля на территории многих грязевых вулканов имеет кольцевую (полукольцевую) форму [Aliyev et al., 2001].

**Таблица 1.** Объемная активность радона в брекчии некоторых грязевых вулканов Азербайджана

Грязевой вулкан	Интегральная радиоактивность, нЗв/ч	Объемная активность радона, Бк /м <sup>3</sup>
Ахтарма-Пашалы	107	224
Ахтарма-Арды	78	161
Гушчу	124	160
Шихзагирли	153	105
Мадраса	65	30

Измерения содержания радона в брекчии грязевых вулканов стали проводиться только в последние 2–3 года. На примере грязевого вулкана Дашгиль видно, что концентрация радона в брекчии изменяется в широких пределах – от 76 до 12 400 Бк/м<sup>3</sup>, и так же, как интегральная радиоактивность, имеет кольцевой (полукольцевой) тип распределения в пространстве (табл. 2).

**Таблица 2.** Особенности пространственного распределения радона в брекчии грязевого вулкана Дашгиль

Точки замеров	Интегральная радиоактивность, нЗв/ч	Объемная активность радона, Бк/м <sup>3</sup>
Западная окраина (подножье)	87	12 400
Западная окраина (склон)	108	1450
В пределах плато грязевого вулкана	94	76
	86	161
Восточная окраина (склон)	75	1140

## Обсуждение результатов

### *Корреляция между содержанием радона внутри помещений и в почве*

Принимая во внимание тот факт, что основной источник поступления радона в жилые и промышленные здания – земная кора, было осуществлено сравнение результатов синхронных замеров концентрации радона внутри помещений и за их пределами (в почве вблизи дома). Из представленных на рис. 3, а данных видно, что в характере зависимости значений этих двух параметров выделяются два тренда. Такой же тип корреляции был установлен между концентрацией радона в почвенном воздухе и интегральной радиоактивностью почвы (рис. 3, б). Одной из возможных причин выявленной особенности взаимосвязи рассмотренных параметров может быть различие в условиях миграции радона (разница коэффициентов фильтрации среды).

Сопоставление значений содержания радона в воздухе помещений и в почве проводилось и вдоль регионального профиля по Южному склону Большого Кавказа протяженностью около 400 км. В результате была выявлена четко выраженная пространственная корреляция между двумя параметрами (рис. 4).

Как уже отмечалось, результаты картирования содержания радона внутри помещений в Азербайджане показали локализацию его повышенных концентраций в основном в зданиях, расположенных в горной местности. Рассматривая влияние других геологических факторов на распространение радона, необходимо отметить, что радон является компонентом-примесью и поставляется из нижних слоев Земли на поверхность в потоке превалирующих газов (углеводородов, диоксида азота и углекислого газа). Широко известно, что наиболее благоприятные пути для вертикальной миграции газов (включая радон) – высокопроницаемые зоны: системы активных разломов, каналы вулканов и т.д.

Данное предположение было подтверждено путем проведения прямых замеров содержания радона в почве в пределах и за пределами тектонического разлома (табл. 3), а также сравнением концентрации радона в углеводородных газах, свободно выделяющихся из кратера грязевого вулкана и содержащегося в брекчии (табл. 4).

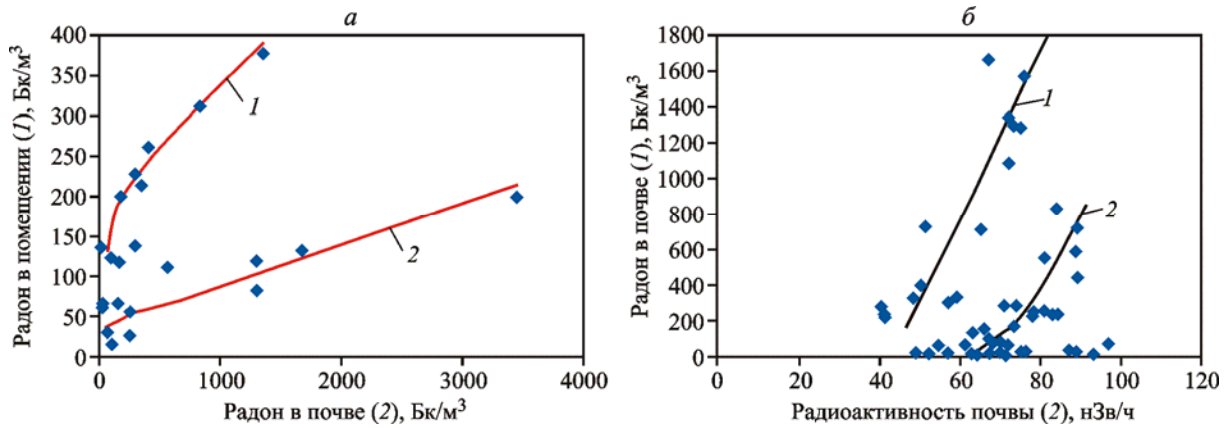


Рис. 3. Корреляция между объемной активностью радона внутри помещений и в почве вблизи домов (а) и между объемной активностью радона и радиоактивностью почвы (б)

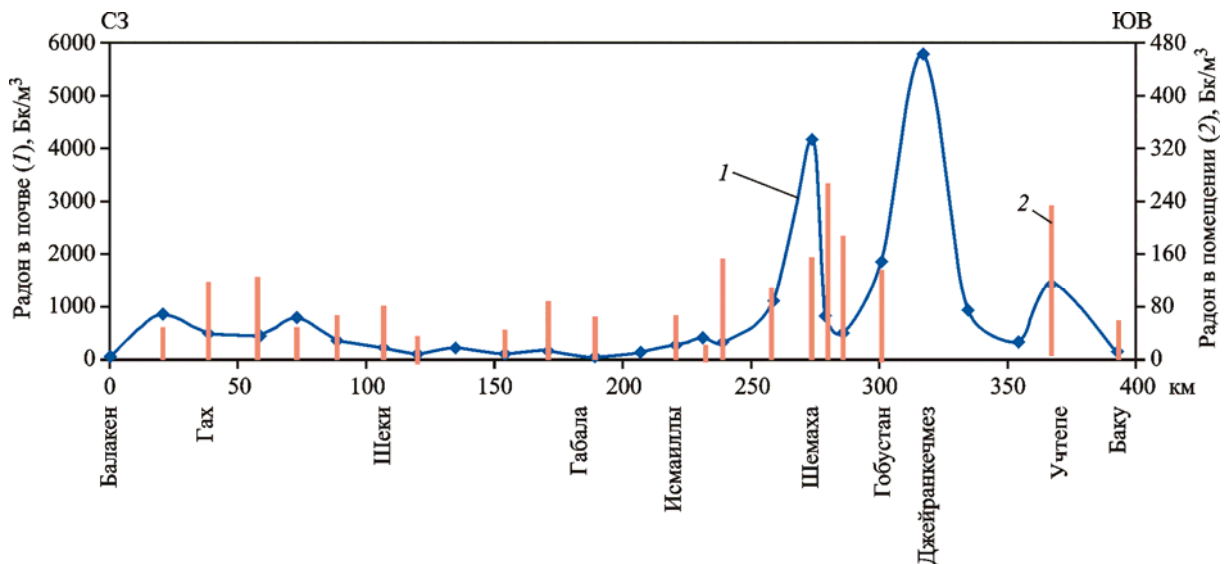


Рис. 4. Сопоставление результатов замеров объемной активности радона в почвенном воздухе (1) и в воздухе внутри близлежащих зданий (2) вдоль регионального профиля на Южном склоне Большого Кавказа

Таблица 3. Концентрация радона в почвах Азербайджана в пределах и за пределами разломов

Точки замеров	Интегральная радиоактивность, нЗв/ч	Объемная активность радона в почве, Бк/м <sup>3</sup>
<i>Шемахинский район</i>		
В пределах разлома	94	>5000*
За пределами разлома	85	340**
<i>Нижнекуруинская низменность**</i>		
В пределах разлома	96	1330
За пределами разлома	87	189
За пределами разлома	75	218

\* Измерения проводились радиометром радона «Marcus10».

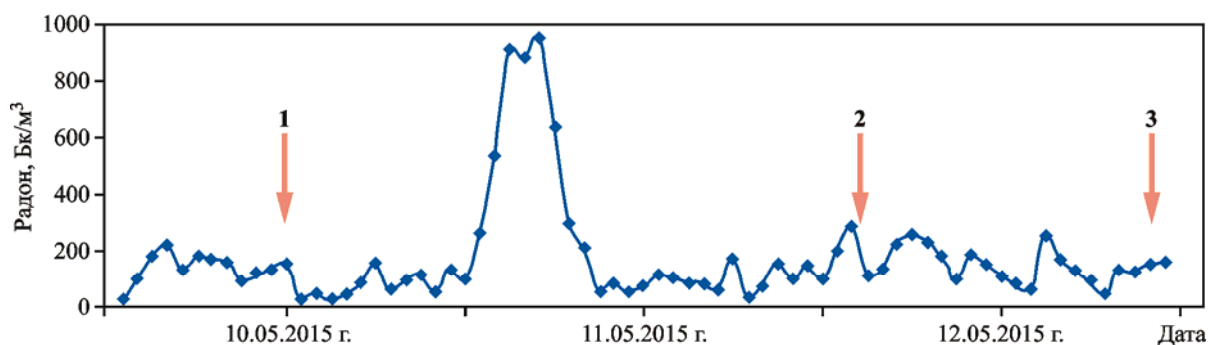
\*\* Измерения проводились радиометром радона RAD7.



**Таблица 4.** Концентрация радона в макровыделениях газа из грифона и в брекчии некоторых грязевых вулканов Азербайджана

Грязевой вулкан	Объемная активность радона, Бк/м <sup>3</sup>		Интегральная радиоактивность, нЗв/ч
	в газе грифона	в брекчии	
Учтепе	2020	170	89
Кичик Мараза	1260	42	100
Бахар	2633	241	67

*Примечание.* Измерения проводились с помощью радиометра радона RAD7.



**Рис. 5.** Изменение объемной активности радона внутри помещения на территории Азербайджана в результате сейсмических событий (показаны стрелками)

1 – эпицентры землетрясений (1–3); 2 – пункт замера объемной активности радона

Сейсмическая активность недр Земли усиливает субвертикальный поток газов (включая радон). В качестве примера на рис. 5 показан импульс повышения концентрации радона в жилом помещении в результате сейсмических событий. Измерение объемной активности радона производились в жилом доме в с. Меликчобанлы Шемахинского р-на радиометром «RadonScoutPlus». Первое землетрясение магнитудой 0.7 произошло 09.05.2016 г. в 23:53 ч. Его эпицентр (40.83° с.ш.; 48.63° в.д.) располагался у с. Арчиман на расстоянии 31 км к северу от с. Меликчобанлы. Очаг землетрясения находился на глубине 10 км. Второе землетрясение магнитудой 0.6 произошло 11.05.2016 г. в 15:23 ч; эпицентр (40.80° с.ш.; 48.60° в.д.) располагался недалеко от эпицентра первого землетрясения в районе пос. Юсиф Мамедалиев, на расстоянии 28 км к северу от с. Меликчобанлы. Очаг землетрясения находился на глубине 12 км. Третье землетрясение магнитудой 3.3 произошло 12.05.2016 г. в 10:52 ч; эпицентр (40.72° с.ш.;

48.44° в.д.) находился у с. Гычатан на расстоянии 27 км к северо-западу от с. Меликчобанлы, очаг землетрясения был на глубине 7 км. Всплеск объемной активности радона, скорее всего, связан с последним землетрясением, очаг которого находился на наименьшей глубине.

### Заключение

Результаты исследований колебания изменения в пространстве и во времени объемной активности радона внутри помещений и вне их (в почве, термальных водах и грязевых вулканах) на территории Азербайджана позволили установить следующее:

- региональные изменения в пространстве контролируются геологическими и геоморфологическими особенностями строения региона: повышенные значения концентрации радона характерны для горно-складчатых массивов, сложенных более древними и более дислоцированными породами, по сравнению с низменными районами;
- локальные изменения концентрации радона в пространстве обусловлены разломной тектоникой, образующей линейно-протяженные аномальные зоны;
- изменение концентрации радона во времени контролируется преимущественно сеймотектоническими процессами.

Положительная корреляция между концентрацией радона внутри помещений и за их пределами и их зависимость от геологических условий, разломной тектоники и сеймотектонических процессов позволяют сделать заключение о преимущественно естественной природе повышенных значений объемной активности радона в жилых и производственных помещениях на территории Азербайджана. Этот вывод имеет важное научно-практическое значение и должен быть принят во внимание при разработке мероприятий по снижению радонового риска для здоровья населения.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Швейцарскому национальному научному фонду (SNSF) за финансовую поддержку проводимых исследований. Мы глубоко признательны коллегам из Швейцарии профессору Клаудио Вальсанджиакомо (Claudio Valsangiacomo) и доктору Маркусу Хофману (Marcus Hoffmann) из RCC (SUPSI) за сотрудничество и ценные советы.

Мы также благодарим представителей региональных Центров гигиены и эпидемиологии Министерства здравоохранения Азербайджана.

Часть исследований осуществлена при финансовой поддержке Фонда развития науки при президенте Азербайджанской Республики в рамках грантового проекта № EIF-2013-9(15)-46/24/2-М-33.

### Литература

- Алиев Ч.С., Аббасова С.В.* Радиоэкологическая ситуация в Азербайджане // V съезд по радиационным исследованиям, г. Москва, 10–14 апреля 2006 г. М., 2006. С. 72.
- Ионизирующее излучение, радиационная безопасность: Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1.758-99. М.: Минздрав РФ, 1999. 116 с.

- Сидорин А.И.* Самостоятельная оценка радиационной обстановки как средство охраны здоровья // Наука и технологические разработки. 2013. Т. 92, № 1. С. 35–48.
- Aliyev Ch., Feyzullayev A., Zolotovitskaya T.* Peculiarities of radioactive fields of mud volcanoes of Azerbaijan // Geoph. News in Azerbaijan. 2001. N 3. P. 25–32.
- Darby S., Hill D., Doll R.* Radon: A likely carcinogen at all exposures // Ann. of Oncology. 2001. V. 12, is. 10. P. 1341– 1351.
- Handbook on indoor radon: A public health perspective. Geneva: World Health Organization, 2009.
- Protection against radon-222 at home and at work annals of the ICRP, № 65. Oxford: Pergamon, 1994.
- Radon and health. WHO Media centre, 2014. (Fact sheet N 291). URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/>
- Toxicological profile for radon / Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, 2012. 283 p. URL: [www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp145.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp145.pdf)

### *Сведения об авторах*

**АЛИЕВ Чингиз Саид оглы** – доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент НАНА, руководитель отдела «Радиометрия геологической среды», Институт геологии и геофизики НАНА. Азербайджан, AZ1143, г. Баку, просп. Г. Джавида, д. 119. Тел.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: radiometry@gia.ab.az

**ALIYEV Chingiz Said** – dr of geol. and mineral. sci., corresponding member of ANAS, head of Radiometry of geological environment department, Institute of Geology and Geophysics of ANAS. Baku, Azerbaijan. Tel.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: radiometry@gia.ab.az

**ФЕЙЗУЛЛАЕВ Акпер Акпер оглы** – доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент НАНА, руководитель отдела «Флюидодинамика осадочных бассейнов», Институт геологии и геофизики НАНА. Азербайджан, AZ1143, г. Баку, просп. Г. Джавида, д. 119. Тел.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: fakper@gmail.com

**FEYZULLAYEV Akper Akper** – dr of geol. and mineral. sci., corresponding member of ANAS, head of Fluid dynamics of sedimentary basins department, Institute of Geology and Geophysics of ANAS. Baku, Azerbaijan. Tel.: +994 (12) 539 34 81. E-mail: fakper@gmail.com

**БАГИРЛИ Рауф Джавид оглы** – старший научный сотрудник, Институт геологии и геофизики НАНА. Азербайджан, AZ1143, г. Баку, просп. Г. Джавида, д. 119. Тел.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: rbagirli@gmail.com

**BAGHIRLI Rauf Javid** – senior scientific worker, Institute of Geology and Geophysics of ANAS. Baku, Azerbaijan. Tel.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: rbagirli@gmail.com

**МАХМУДОВА Фарах Фуад гызы** – научный сотрудник, Институт геологии и геофизики НАНА. Азербайджан, AZ1143, г. Баку, просп. Г. Джавида, д. 119. Тел.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: radiometry@gia.ab.az

**MANMUDOVA Farah Fuad** – scientific worker, Institute of Geology and Geophysics of ANAS. Baku, Azerbaijan. Tel.: +994 (12) 539-34-81. E-mail: radiometry@gia.ab.az

## RESULTS OF MEASUREMENT OF RADON VOLUME ACTIVITY IN AZERBAIJAN

**Ch.S. Aliyev, A.A. Feyzullayev, R.J. Baghirli, F.F. Mahmudova**

Institute of Geology and Geophysics of Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

**Abstract.** The article describes methodology and results of the first measurements of radon volume activity (concentration) in Azerbaijan (in residential and industrial premises, soil air, thermal waters and mud volcanoes). Measured indoor radon concentrations varied in a wide range: from 20 to 1110 Bq/m<sup>3</sup>. About 7 % from total amount of measurements exceeds maximum permissible limit in Azerbaijan (200 Bq/m<sup>3</sup>). Based on obtained data map of distribution of indoor radon volume activity in Azerbaijan for the first time were created. The elevated radon concentrations are mainly observed in mining and folded arrays of the Greater and Lesser Caucasus and Talysh. The results of measurements of radon concentrations in indoor air are in good agreement with data of radon content in the soil air. The content of radon in thermal waters generally isn't high, except the waters of carbon source in Talysh region, where its concentration is above the maximum permissible level accepted for drinking waters. Increased values of radon volume activity in the mud volcanoes (especially in the gases released from the griffins) have been also revealed. Based on the complex processing of the data obtained, a conclusion is drawn about the natural origin of increased values of radon volume activity in the part of the surveyed residential premises in the territory of Azerbaijan.

*Keywords:* radon, indoor, natural radioactivity, radon concentration, radon distribution.