

СВЯЗЬ ПОЧВЕННОГО РАДОНА И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОЗДУХА С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Амиранашвили А.Г., Матиашвили Т.Г., Нодия А.Г.,
Хунджа А.Е., Чихладзе В.А.

Институт геофизики им. Михаила Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М.Александрэ, 1, Авто_Amiranashvili@Excite.com

В данной работе рассмотрены эффекты землетрясений в изменчивости одного из основных источников ионизации воздуха – почвенного радона, обуславливающего его содержание в атмосфере, а также электропроводности воздуха в условиях Грузии.

Известно, что основной формой передвижения радона в гидро- и литосфере является миграция радона в воде. Растворенный радон является уникальным индикатором геохимических и геологических процессов. Значительна роль растворённого и почвенного радона как предвестника землетрясений.

Источником радона в подземных водах и почве являются горные породы, содержащие радиоактивные элементы. Поэтому концентрация радона в водах зависит от концентрации материнских элементов в горных породах, омываемых ими, коэффициента эманирования, пористости или трещиноватости горных пород и скорости движения воды (расхода потока). Рыхлаые или трещиноватые породы характеризуются повышенной концентрацией радона (зоны тектонических нарушений, кора выветривания и т. д.).

Подземные воды трещиноватых массивов кислых кристаллических пород обычно отличаются наиболее высокой концентрацией радона, достигающей 500 Бк/л и выше. Значительно ниже концентрация радона в водах основных изверженных пород. Трещинные воды известняков, песчаников, сланцев обычно имеют концентрацию радона в пределах 10-100 Бк/л. Однако в отдельных случаях и в этих породах могут встречаться повышенные концентрации радона. Подземные воды в горизонтах грунтовых вод имеют более низкую концентрацию радона, составляющую обычно менее 50 Бк/л. В поверхностных водах концентрация радона обычно не превышает 2-5 Бк/л, главным образом из-за того, что радон имеет время для распада в течение существования воды в поверхностных условиях и эманирования.

Большие возможности открываются при использовании радона в качестве геохимического показателя, что связано с особенностями его гидрогеохимии, соотношением изотопов и условиями миграции. Это позволяет использовать радон при оценке масштабов водообмена, решении вопросов взаимодействия подземных и поверхностных вод, установления интенсивностей инфильтрационного питания. Радон может помочь и при выявлении характера трещиноватости, распространения разломов, глубины их заложения. Существенна роль радона и в комплексе показателей предвестников землетрясений [1 - 10].

Рассмотрим изменчивость содержания радона в почве при землетрясениях на примере апрельского землетрясения в Тбилиси (дата – 25 апреля 2002 года, время по Гринвичу – 17 час 41 мин, широта – 41.74 N, долгота – 44.84 E, магнитуда – 4.5, глубина – 5 км). Методика измерений почвенного радона и предварительные результаты анализа этих измерений ранее были представлены в [11,12]. Временной ход содержания почвенного радона в пяти пунктах измерения до и после указанного землетрясения представлен на рис.1. Как следует из этого рисунка за неделю до землетрясения отмечался резкий рост содержания почвенного радона. После недели с землетрясением произошло резкое падение содержания радона в почвенном воздухе.

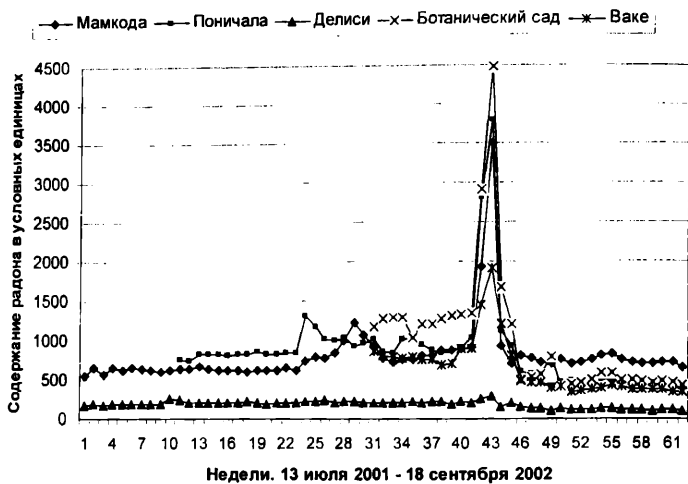


Рис. 1

Временной ход содержания почвенного радона в пяти пунктах измерения в условных единицах. Максимальные значения соответствуют 43-ей неделе измерения, включающей дату с землетрясением (с 24.04.2002 по 1.05.2002).

К сожалению, для различных пунктов начало измерений различное. Одновременные измерения на них были начаты 6 февраля 2002 года. Поэтому детальный статистический анализ указанных данных проведем для того периода, когда были одновременные измерения. При этом ограничимся одинаковым рядом наблюдения до и после недели с землетрясением (по 11 недель).

В табл. 1 представлены статистические характеристики содержания почвенного радона в различных пунктах наблюдения Тбилиси за 12 недель до и после недели с землетрясением. Данные с 17 до 24 апреля, предшествующие неделе с землетрясением, и с 1 до 8 мая, последующие после недели с землетрясением, исключены из рассмотрения, так как в течение этих двух недель (рис.1) соответственно происходил резкий рост и уменьшение содержания почвенного радона. В течение остальных 11 недель колебания содержания почвенного радона были незначительны.

Рассмотрим верхнюю часть таблицы. Как следует из приведенных в ней данных до землетрясения содержание почвенного радона в среднем (*Mean*) изменялось от 212 (Делиси) до 1247 (Ботанический сад) условных единиц. Незначительная разница между средним содержанием почвенного радона лишь для пунктов Мамкода и Ваке. Для всех остальных пар станций эта разница значимая. Коэффициент вариации (*S_v*) для всех пар станций невысокий (от 4.3 % до 8.6 %) и статистически слабо различим для всех этих пар. Отношение максимального содержания почвенного радона к его среднему значению до землетрясения изменялось от 1.4 (Делиси) до 4.1 – 4.2 (соответственно Поничала и Мамкода).

Таким образом, в условиях Тбилиси имеет место значительная пространственная неоднородность содержания почвенного радона. Это по всей видимости обусловлено особенностями геологического строения, наличием зон тектонических разломов и другими факторами, обсуждение которых выходит за рамки данной работы. Чувствительность почвенного радона к землетрясениям для разных пунктов также различна. Максимальная – для пунктов Мамкода и Поничала, минимальная – для пункта Делиси.

Статистические характеристики почвенного радона до и после землетрясения в Тбилиси 25 апреля 2002 года (в условных единицах).

Пункт	Мамкода	Поничала	Делиси	Бот. Сад	Ваке
Параметр	6 февраля – 17 апреля 2002 года (11 недель)				
<i>Mean</i>	831	932	212	1247	795
σ	70.5	80.4	9.1	89.0	67.8
$C_v, \%$	8.5	8.6	4.3	7.1	8.5
<i>Max/Mean</i>	4.2	4.1	1.4	3.6	2.4
Параметр	15 мая – 14 июля 2002 года (11 недель)				
<i>Mean</i>	757	532	138	601	451
σ	47.5	144.0	23.9	226.3	128.6
$C_v, \%$	6.3	27.0	17.3	37.6	28.5
<i>Max/Mean</i>	4.6	7.1	2.2	7.5	4.2
Параметр	24 апреля – 1 мая 2002 года				
<i>Max</i>	3506	3793	300	4482	1916

Теперь рассмотрим нижнюю часть таблицы. После землетрясения содержание почвенного радона в среднем изменялось от 138 (Делиси) до 757 (Мамкода) условных единиц. Незначительная разница между средним содержанием почвенного радона в данном случае была лишь для пунктов Поничала и Ботанический сад. Для всех остальных пар станций эта разница значимая. На всех пунктах после землетрясения содержание радона в почве уменьшилось. При этом, указанное уменьшение для пункта Мамкода составило всего 9 %, тогда как для пункта Делиси – 35 %, пунктов Поничала и Ваке примерно по 43 %, а для пункта Ботанически сад – 52 %. Коэффициент вариации после землетрясения не изменился лишь для пункта Мамкода, для всех остальных - значение C_v возросло. При этом, если до землетрясения коэффициент вариации для всех пунктов был статистически мало различим, то после землетрясения распределение C_v в пространстве стало неоднородным. Отношение максимального содержания почвенного радона к его среднему значению после землетрясения изменялось от 2.2 (Делиси) до 7.5 (Ботанический сад).

Таким образом, после землетрясения отмечалось существенное (кроме пункта Мамкода) уменьшение содержания почвенного радона, а также нарушение пространственной однородности значений его относительной вариации.

Наконец, перейдем к рассмотрению влияния землетрясений на электропроводность воздуха. Данные о параметрах некоторых сильных (магнитуа $\geq 4,0$) землетрясений на Кавказе представлены в табл. 2. Графики соответствующих примеров временного хода суммарной электропроводности воздуха в Душети в течение нескольких дней до и после землетрясений представлены на рис.1. В табл. 3 представлены данные о статистических характеристиках *ЭПВ* в течение недели до и после отдельных землетрясений, осредненные по 11 случаям. При этом отбирались случаи, когда в течение этого периода времени других землетрясений с указанной магнитудой не происходило.

Как следует из рис. 1 и табл.3, во время землетрясения происходит рост *ЭПВ*. В ряде случаев резкий рост *ЭПВ* наблюдается за день до землетрясения. Иногда этот рост отмечается в день с землетрясением, или днем позже. Однако для отдельных землетрясений рост *ЭПВ* за день до него прослеживается достаточно четко. Это хорошо видно из табл. 3 для осредненных данных. В соответствие с критерием Стьюдента *ЭПВ* за день и в день с землетрясением выше значений *ЭПВ* во все предыдущие и последующие дни (α не хуже 0.25).

Параметры некоторых землетрясений на Кавказе

Год	Мес.	День	Час	Мин.	Широ та с.ш.	Долго та в. д.	Магни туда	Глуби на км	Расст. от Душе ти км
1969	05	27	06	44	41.6	44.9	4.2	21	56
1969	06	07	07	08	42.45	43.74	4.1	12	89
1969	06	17	23	25	43.26	45.183	5.1	25	137
1969	07	06	15	28	41.95	41.61	4.0	10	256
1969	08	19	00	11	41.3	46.9	4.0	9	202
1969	09	10	12	14	39.38	41.466	4.8	25	400
1970	10	07	10	46	43.5	44.3	4.1	18	161
1970	10	12	08	12	40.43	43.333	4.0	10	216
1970	10	20	07	17	41.48	44.28	4.0	5	75
1976	04	20	20	18	40.9	43	4.0	25	193
1976	04	29	22	18	40.88	42.76	5.0	5	210
1977	09	30	16	51	40.08	44.96	5.4	10	224
1977	12	15	15	08	43.2	45	5.0	25	127
1978	01	02	06	31	41.44	44.09	5.3	10	87
1978	01	07	16	49	39.7	43.9	4.0	25	273
1978	07	12	11	52	43.2	45	4.4	25	127
1978	08	15	09	04	41.19	43.98	4.6	7	116
1978	08	22	22	48	41.83	44	4.3	11	64
1981	03	15	08	43	43.6	44.1	4.4	20	176
1982	05	25	08	06	41.33	43.9	4.4	10	107
1983	03	16	05	13	42.63	42.45	4.2	5	195
1987	05	05	10	41	42.35	46.68	4.0	5	166
1988	12	07	07	41	40.9	44.2	6.9	05	138
1988	12	08	01	16	40.85	44	4.1	15	149

Табл. 3

Статистические характеристики суммарной электропроводности воздуха в Душети в течение недели до и после землетрясений (среднее по 11 случаям)

Дни	ЭПВ 10^{13} / ом·м	Min	Max	St. Dev.	C, %
-7	34.7	21	50	9.62	27.7
-6	32.7	16	46	9.36	28.6
-5	34.2	17	56	10.9	31.9
-4	35.5	23	49	7.93	22.3
-3	36.2	25	51	8.28	22.9
-2	34.3	20	50	10	29.2
-1	43.9	27	69	10.7	24.4
Землетрясение (0)	41.8	31	63	9.94	23.8
1	36	18	47	9.64	26.8
2	33.6	17	48	10.4	31
3	35.2	21	51	9.79	27.8
4	35.1	19	54	10.5	30
5	34.3	20	49	8.95	26.1
6	33.9	23	49	8.63	25.5
7	34.3	27	50	6.66	19.4

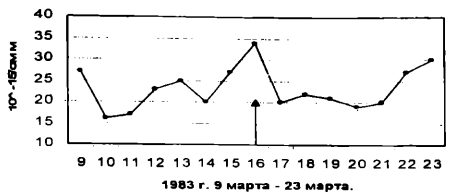
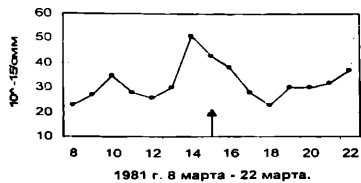
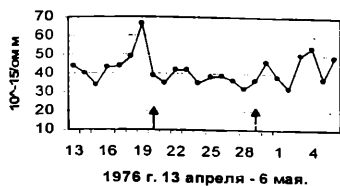


Рис. 1

Примеры временного хода суммарной электропроводности воздуха в течение нескольких дней до и после землетрясений в различных регионах Кавказа. Стрелкой обозначены дни с землетрясениями.

Качественно изменение *ЭПВ* до и после землетрясения сходно с изменением содержания почвенного радона. Для примера можно обратиться к рис.2 и 3, на которых представлены обобщенные данные о временном ходе среднего для пяти пунктов измерений содержания почвенного радона в Тбилиси и суммарной электропроводности воздуха для 11 землетрясений (табл.3). При этом, проведено нормирование на максимальные значения исследуемых параметров. Как следует из рис. 2 содержание почвенного радона во время землетрясения, по сравнению с предыдущим периодом, растет по крайней мере в 2.5 раза. Рост же *ЭПВ* составляет около 1.25 раза (рис. 3).

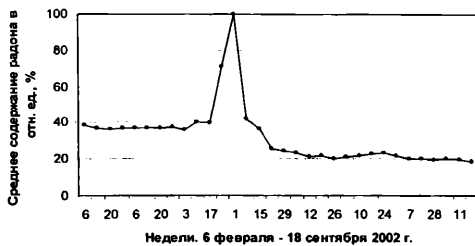


Рис. 2

Временной ход среднего для пяти пунктов измерений содержания почвенного радона, нормированного на его максимальное значение. Стрелкой обозначена дата землетрясения.

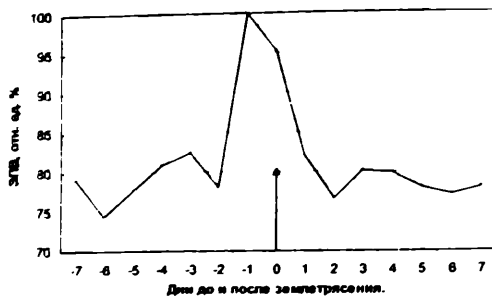


Рис.3

Обобщенный временной ход осредненных для 11 землетрясений суммарной электропроводности воздуха, нормированной на ее максимальное значение, в течение 7 дней до и после землетрясения. Стрелкой обозначен день с землетрясением.

Следует отметить, что на вариации ЭПВ значительное влияние оказывают метеорологические факторы и загрязненность атмосферы. На содержание почвенного радона метеорологические факторы действуют в меньшей степени, поэтому и эффект роста радона при землетрясениях выше. В дальнейшем предусмотрено углубить исследования в этом направлении. Здесь лишь отметим перспективность использования данных о почвенном радоне и параметрах атмосферного электричества, которые дополняют друг друга, в качестве возможных предвестников землетрясений в условиях Грузии.

При этом, следует иметь в виду, что измерение целого ряда параметров атмосферного электричества (электропроводность, содержание легких ионов, токи с острия и др.) производить в реальном масштабе времени значительно проще и дешевле, нежели определять содержание радона. Часть указанной аппаратуры можно даже создать самостоятельно, без особых затрат. Чтобы минимизировать влияние метеорологических факторов на параметры атмосферного электричества, их мониторинг целесообразно проводить в замкнутых подземных помещениях. При этом, пока экономически нет возможности приобретения нужного количества дорогостоящей аппаратуры, содержание радона можно измерять периодически, для контроля.

Литература

1. King Chi-Yu - Episodic Radon Changes in Subsurface Soil Gas Along Active Faults and Possible Relation to Earthquakes, J. of Geophys. Research, V.85, N6, 1980, pp. 3065-3078.
2. Ta-Liang Teng - Some Recent Studies on Groundwater Radon Content as an Earthquake Precursor, J. of Geophys. Research, V.85, N6, 1980, pp. 3089-3099.
3. Voitov G.I. - Radon Monitoring in Seismically Active Regions, J. of Earthquake Prediction Research, 2/2, 1993, pp. 197- 206.
4. Абдувалиев А.К., Войтов Г.И., Рудаков В.П. - Радонный предвестник некоторых сильных землетрясений Средней Азии, Докл. АН СССР, 291(4), 1986, с. 924- 927.
5. Абдувалиев А.К., Войтов Г.И., Рудаков В.П. - Некоторые особенности радонного поля подпочв сейсмически активных регионов (на примере Западной Ферганы), Докл. АН СССР, 300(6), 1988, с.1337- 1340.
6. Абдувалиев А.К., Войтов Г.И., Рудаков В.П. - Особенности реакции поля радона атмосферы подпочв на подготовку неглубоких коровых землетрясений с $M < 5$ (на примере Западной Ферганы), Докл. АН СССР, 312(6), с. 1990, 1335- 1337.
7. Зубков С.И. - Радонные предвестники землетрясений, Вулканология и сейсмология, N6, 1981, с. 74-104.
8. Сердюкова А.С., Капитанов Ю.Т. - Изотопы радона и короткоживущие продукты их распада в природе, М., Атомиздат, 1969, 312 с.
9. Уткин В.И. - Радон и проблема тектонических землетрясений, СОЖ, № 12, 2000, с. 64-70.

10. Цветкова Т.В., Невинский , И. О , Невинский В. И. - Измерение радона в геологии. Обзор. Информация, ООО "Геоинформцентр", М., ООО "Геоинформцентр", Вып.5, 2002, 55 с.
11. Shengelaia G., Danelia K., Zardiashvili K., Khunjua A., Khunjua T. – On Possible Precursor of the Tbilisi Earthquake on April 25, 2002, Bull. of the Georgian Acad. of Sci., 166, N 3, 2002, pp. 499-501.
12. 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, pp. 403-406.

ნიადაგის რადონის და ჰაერის ელექტროგამტარობის კავშირი მიწისძვრებთან

ამირანაშვილი ა., მათიაშვილი თ., ნოდია ა.,
ხუნჯუა ა., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

განხილულია საქართველოს პირობებში მიწისძვრების ეფექტი ნიადაგის რადონის შემცველობის და ჰაერის ელექტროგამტარობის ცვალებადობაში.

СВЯЗЬ ПОЧВЕННОГО РАДОНА И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОЗДУХА С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

Амиранашвили А.Г. Матиашвили Т.Г., Нодия А.Г.,
Хунджа А.Е., Чихладзе В.А.

Реферат

Рассмотрены эффекты землетрясений в изменчивости содержания почвенного радона и электропроводности воздуха в условиях Грузии.

CONNECTION OF SOIL RADON AND AIR ELECTRICAL CONDUCTIVITY WITH THE EARTHQUAKES

Amiranashvili A., Matiashvili T., Nodia A.,
Khunjua A., Chikhladze V.

Abstract

The effects of earthquakes in the changeability of the soil radon content and air electrical conductivity for the conditions of Georgia are examined.