

550.343.6

О ВОЗМОЖНОМ ИЗМЕНЕНИИ ДИНАМИКИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В СВЯЗИ С КРУПНЕЙШИМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ (НА ПРИМЕРЕ СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА ОАР ГОРНО-АЛТАЙСК)

А. В. Шитов Д. П. Долгов А. А. Барсуков

ФГБОУ ВО Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия
E-mail: sav103@yandex.ru

В работе анализируются результаты мониторинга объемной активности радона в 2015 году в связи с крупнейшими землетрясениями. Измерения производились при помощи сейсмической радоновой станции (СРС-05) в г. Горно-Алтайск. В результате изучения 11 крупнейших землетрясений выявлены основные закономерности влияния этих событий на динамику объемной активности радона.

Ключевые слова: радон, мониторинг, землетрясения

© Шитов А. В. Долгов Д. П. Барсуков А. А., 2019

Введение

Современная методология прогноза землетрясений сформировала следующие парадигмы: предвестниковые явления присущи сейсмичности; предвестниковые явления формируются на территории, значительно превышающие размеры очага за месяцы и годы до сильнейшего землетрясения; предвестниковые явления подобны в различных регионах; реагирование геофизических и геохимических характеристик возможно на сейсмические процессы, удаленные на тысячи километров [1]. При этом каждое крупное землетрясение не может рассматриваться изолировано от сложных динамических процессов, происходящих в литосфере. Кроме того, иерархическая структура литосферы предполагает взаимодействие тектонических блоков между собой, которые каскадом перераспределяют энергию между собой и через эту структуру происходит реагирование предвестниковых явлений даже на больших расстояниях, в отдельных случаях до 5000 км [2]-[3].

Известно, что региональное реагирование геофизических характеристик на подготовку и само сейсмическое событие происходит в условиях неоднородной, сложно

построенной геологической среды, сложного соподчинения тектонических структур разного порядка, интерференции тектонических движений, связанных с множеством взаимодействующих факторов, сейсмических событий различного заложения и удаленности и сейсмической энергии [4]-[5]. Поэтому, нам было важно провести работы по поиску и выявлению закономерностей реагирования динамики объемной активности радона в Горно-Алтайске на удаленные землетрясения (при расстояниях около 1000 и более км).

Методика работ

Радонометрические работы производились при помощи сейсмической радоновой станции СРС-05. При этом проводились измерения объемной активности (ОА) радона-222 и количества распадов ^{216}Po в почвенном воздухе. Дополнительно контролировались температура, относительная влажность и давление окружающего воздуха. Измерение ОА радона-222 и количества распадов ^{216}Po основано на электростатическом осаждении положительно-заряженных ионов ^{218}Po и ^{216}Po из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора с помощью высокого положительного потенциала, поданного на электрод измерительной камеры. Активность радона-222 определяется по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде ^{218}Po альфа-спектрометрическим методом анализа воздуха [6]. Для изучения влияния региональных и глобальных характеристик нами использовалось сопоставление данных динамики объемной активности радона перед крупными землетрясениями в 2015 г.

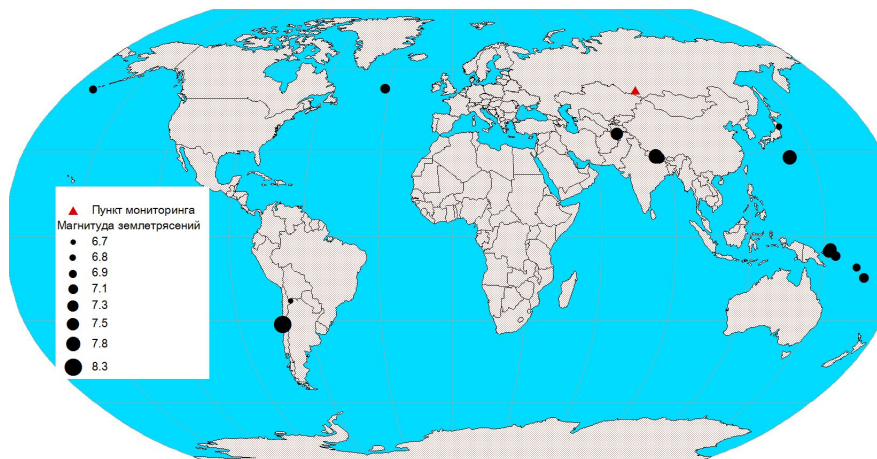


Рис. 1. Карта крупнейших землетрясений, произошедших в 2015 году [7]

Результаты исследования

Таблица

Сильнейшие землетрясения, произошедшие в 2015 году

№ п/п	Дата	Координаты		Расстояние эпицентра от поста мониторинга	Магнитуда	Расположение эпицентра
		Град., с.ш.	Град., в.д.			
1	2015-09-16	-31.5729	-71.6744	16060	8.3	Чили, 48 км от Иллапель
2	2015-04-25	28.2305	84.7314	2610	7.8	Непал, 36 км от Кхуди
3	2015-05-30	27.8386	140.4931	6510	7.8	Япония, 189 км от Чучи-Шима
4	2015-03-29	-4.7294	152.5623	8710	7.5	Папуа Новая Гвинея, 53 км от Кокопо
5	2015-05-05	-5.4624	151.8751	8540	7.5	Папуа Новая Гвинея, 130 км от Кокопо
6	2015-10-26	36.4406	70.7167	1790	7.5	Афганистан, 45 км от Алахдари Киран
7	2015-05-12	27.8087	86.0655	2720	7.3	Непал, 19 км от Кодари
8	2015-02-13	52.6487	-31.9016	9500	7.1	Северная часть Срединно-Атлантического хребта
9	2015-05-07	-7.2175	154.5567	9900	7.1	Папуа Новая Гвинея, 143 км от Пангуна
10	2015-10-20	-14.8418	167.306	11240	7.1	Вануату, 35 км от Порт-Олри
11	2015-05-22	-11.0559	163.6959	10720	6.9	Соломоновы Острова, 205 км от Киракира
12	2015-07-27	52.376	-169.446	8400	6.9	Аляска, 73 км от Никольски
13	2015-05-12	38.9056	142.0317	5620	6.8	Япония, 32 км от Офунато
14	2015-02-11	-23.1125	-66.688	15340	6.7	Аргентина, 102 км от Агилер

Сильнейшее землетрясение 2015 года, произошедшее в Чили 16.09.15 г. в 48 км от Иллапель, характеризовалось резким повышением уровня объемной активности радона уже с 15.09 со среднего уровня в 150 Бк/м³ и резко повысившееся до 420 Бк/м³ за 36 часов до основного толчка, затем интенсивность эксгаляций радона стала ступенчато понижаться, и за сутки до землетрясения снова резко повышается до 480 Бк/м³, при этом выделяются отдельные всплески. Основной толчок произошел при среднем уровне объемной активности радона (280 Бк/м³), т.е. в данном случае повышение уровня радоновой активности наблюдалось за 1.5 суток до землетрясения.

В результате катастрофического землетрясения в Непале произошедшего 24.04.15 г. с магнитудой 7.8, а также интенсивным афтершоковым процессом произошли большие разрушения населенных пунктов, сопровождаемые человеческими жертвами.

На основании полученных данных объемной активности радона в Горно-Алтайске были выявлены следующие закономерности: до землетрясения в Непале уровень объемной активности радона находился на уровне 100-150 Бк/м³, затем за 1.5 суток до основного толчка уровень объемной активности радона начинает повышаться и за 6 часов до него составляет порядка 300 Бк/м³, непосредственно к моменту основного толчка уровень объемной активности радона снова понижается до 80 Бк/м³, при афтершоковых землетрясениях уровень объемной активности снова повышается до 300-350 Бк/м³.

Сильнейшее землетрясение 2015 года, произошедшее в Японии 30.05.15 г. в 189 км от Чичи-Шима, характеризовалось повышением уровня объемной активности радона уже с 27.05 и достигшее максимума 28.05 19:15 местного времени, затем интенсивность эксгаляций радона стала ступенчато понижаться, при этом выделяются отдельные всплески. Основной толчок произошел при среднем уровне объемной активности радона (200 Бк/м³), т.е. в данном случае повышение уровня объемной активности радона наблюдалось за 2,5 суток до землетрясения.

Динамика объемной активности радона перед землетрясением, произошедшим 30.05.15 г. в Папуа Новой Гвинее в 53 км от Кокопо характеризуется сильноградиентными пиками и высоким средним уровнем (300 Бк/м³), за сутки перед землетрясением выделяется максимум эксгаляции, затем уровень объемной активности снижается и достигает минимума за 10 часов до сейсмособытия. Отметим, что момент землетрясения выделяется резким пиком (380 Бк/м³).

Динамика объемной активности радона в моменты землетрясений, произошедших в Аргентине и северной части Срединно-Атлантического хребта различается (рис. 2).

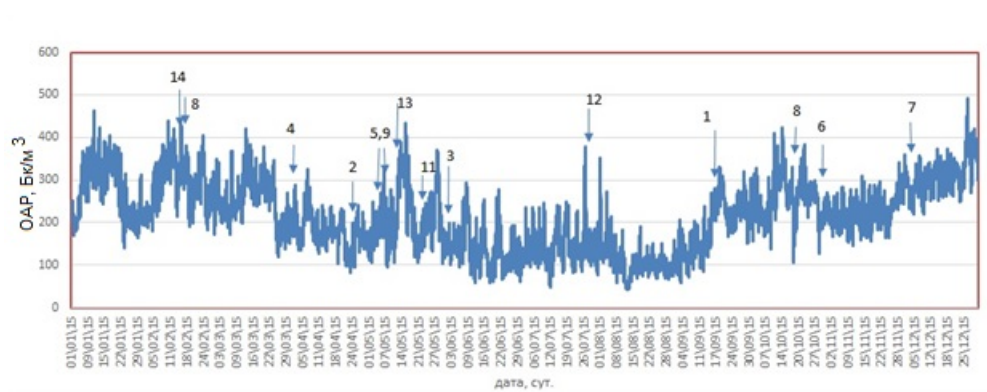


Рис. 2. Динамика объемной активности радона в 2015 г. стрелками показаны моменты землетрясений, номера по таблице

Землетрясение в Аргентине, произошедшее в 102 км от Агулер было при высоком уровне объемной активности радона (400 Бк/м³ с максимумом 670 Бк/м³ за 6 часов до землетрясения), также слабо понижается до 480 Бк/м³ в момент землетрясения. В момент землетрясения, произошедшего спустя почти сутки в северной части Срединно-Атлантического хребта уровень объемной активности радона резко снизился до 120 Бк/м³, затем постепенно начал повышаться до 300 Бк/м³.

Динамика объемной активности радона перед землетрясением на Аляске (США), произошедшем в 73 км от Никольски характеризовалась также нелинейными характеристиками (рис. 2).

Уровень объемной активности радона слабо понижался с 23.07 до 25.07.15 г. с 250 до 120 Бк/м³, затем наблюдается резкий рост до 590 Бк/м³ и не менее резкое падение уровня до 80 Бк/м³. Само событие происходит при значении 290 Бк/м³.

Динамика объемной активности радона в момент землетрясения в Японии, произошедшего 12.05.15 г. в 19 км от Кодари характеризуется следующими закономерностями. На графике (рис. 2) отмечается ряд резких повышений уровня, заканчивающихся минимумом (40 Бк/м³), с 12 часов местного времени 11.05 наблюдается положительный тренд, в момент землетрясения наблюдается максимальные значения (480 Бк/м³), в дальнейшем на графике значения характеризуются повышенным средним уровнем (350 Бк/м³).

Рассмотренные крупные землетрясения за 2015 год с магнитудой $M = 7+$ и отдельные землетрясения с магнитудой $M = 6.8+$ выявили определенные наличие определенных закономерностей в динамике объемной активности радона при подготовке и прохождении крупных землетрясений.

Обсуждения

В результате исследования, нами был проведен анализ динамики объемной активности радона на станции мониторинга Горно-Алтайск во время сильных мировых землетрясений: 2015 год – 14 землетрясений. При этом выявлено, что значения ОА радона практически перед всеми землетрясениями повышается.

Для поиска статистических закономерностей среднесуточных значений ОАР в дни крупнейших землетрясений нами использовались расстояние до эпицентра от пункта мониторинга ОАР (км) и энергия землетрясений ($\lg K$).

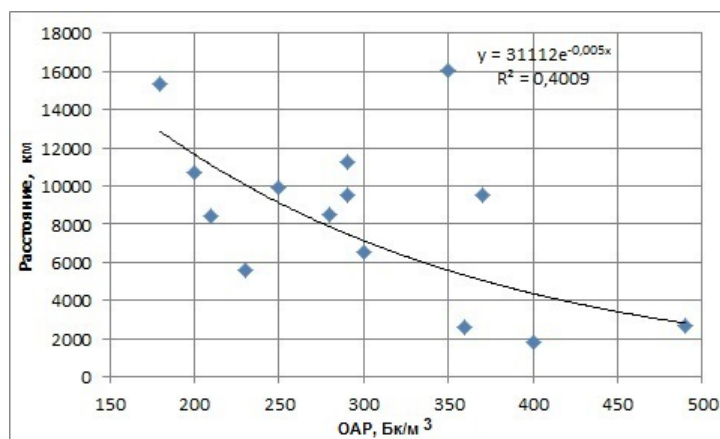


Рис. 3. График закономерностей распределения значений ОАР и расстояния до эпицентров крупнейших землетрясений

При анализе распределения значений ОАР и расстояния до эпицентра землетрясения (рис.3) была выявлена закономерность снижения значений ОАР в момент землетрясения, зависящая, прежде всего, от расстояния эпицентра до пункта мониторинга, чем ближе эпицентр землетрясения, тем большие среднесуточные значения ОАР наблюдаются.

При анализе распределения значений ОАР и энергии землетрясения (рис.4) была выявлена закономерность повышения значений ОАР в момент землетрясения, зависящая, от энергии землетрясения, т.е. чем больше энергия землетрясения, тем большие среднесуточные значения ОАР наблюдаются.

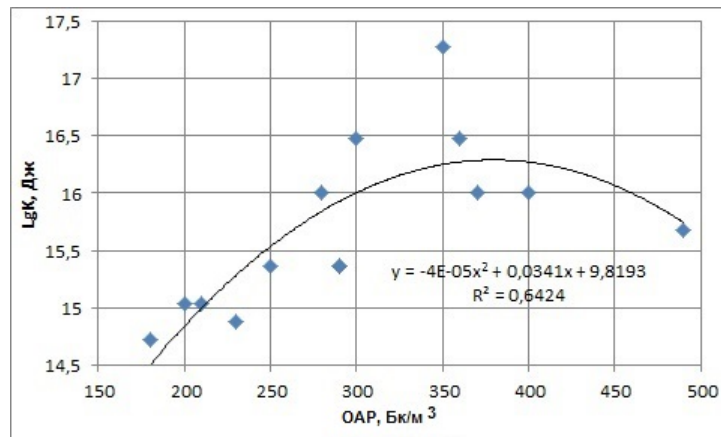


Рис. 4. График закономерностей распределения значений ОАР и энергии крупнейших землетрясений

Учитывая, что оба фактора влияют на повышение значений ОАР по разному: слабое землетрясение расположено близко, а сильное далеко или слабое далеко, а сильное – близко, в обоих случаях распределение будет «размазанным». Для учета обоих факторов произведем нормирование энергии землетрясения на расстояние до пункта мониторинга (рис. 5).

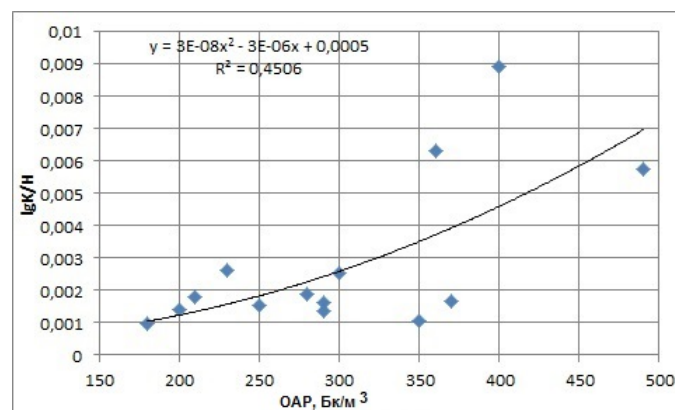


Рис. 5. График закономерностей распределения значений ОАР и отношения энергии крупнейших землетрясений к расстоянию до них

При этом выявлена следующая закономерность: на низкие энергии землетрясений и удаленные землетрясения ОАР реагирует низкими значениями, высокие энергии землетрясений и близкое расстояние – ОАР характеризуется высокими значениями.

Выводы

- 1) Практически все проанализированные крупнейшие землетрясения и их афтершоки, произошедшие в 2015 г. выделяются в динамике объемной активности радона на станции мониторинга ОАР Горно-Алтайск.
- 2) Показано закономерности влияния расстояния до эпицентра и энергии землетрясения на ОАР пункта мониторинга. На низкие энергии землетрясений и удаленные землетрясения ОАР реагирует низкими значениями, высокие энергии землетрясений и близкое расстояние – ОАР характеризуется высокими значениями.
- 3) В целом, мировой мониторинг радоновой активности может позволить выявлять эпицентры резкого изменения геодинамических условий и поможет прогнозированию землетрясения.
- 4) При анализе данных мониторинга объемной активности радона необходимо учитывать влияние на нее удаленных крупнейших землетрясений.

Список литературы/References

- [1] Кособоков В.Г., *Теоретическая база и алгоритм прогноза землетрясений на основе предвестниковой активизации сейсмичности*, Автореферат дисс... доктора физ.-мат. наук, М., 2008, 52 с. [Kosobokov V.G., *Teoreticheskaya baza i algoritm prognoza zemletryaseniy na osnove predvestnikovoy aktivizatsii seysmichnosti*, Avtoreferat diss... doktora fiz.-mat. nauk, M., 2008, 52 pp., (in Russian)].
- [2] Нерсесов И. Л., Николаев А. В., “Алгоритмическая неразрешимость проблем распознавания некоторых свойств групп”, *Докл. АН СССР*, **103**:4 (1955), 533–535. [Nersesov I. L., Nikolayev A. V., “Algoritmicheskaya nerazreshimost’ problem raspoznavaniya nekotorykh svoystv grupp”, *Dokl. AN SSSR*, **103**:4 (1955), 533–535, (in Russian)].
- [3] Наркунская Г. С. Шнирман М. Г., “Иерархическая модель дефектообразования и сейсмичность”, *Теория и алгоритмы интерпретации геофизических данных (Вычислительная сейсмология)*, Наука, М., 1989, 27–36. [Narkunskaya G. S. Shnirman M. G., “Iyerarkhicheskaya model’ defektoobrazovaniya i seysmichnost’”, *Teoriya i algoritmy interpretatsii geofizicheskikh dannykh (Vychislitel’naya seysmologiya)*, Nauka, M., 1989, 27–36, (in Russian)].
- [4] Николаев П. Н., “Системный подход в анализе и картировании полей тектонических напряжений”, *Природа и методология определения тектонических напряжений в верхней части земной коры*, Материалы Всесоюзной школы-семинара «Измерение напряжений и их приложение в прогнозе землетрясений», Апатиты, 1982, 18–42. [Nikolayev P. N., “Sistemnyy podkhod v analize i kartirovaniy poley tektonicheskikh napryazheniy”, *Priroda i metodologiya opredeleniya tektonicheskikh napryazheniy v verkhney chasti zemnoy kory*, Materialy Vsesoyuznoy shkoly-seminara «Izmereniye napryazheniy i ikh prilozheniye v prognoze zemletryaseniy», Apatity, 1982, 18–42, (in Russian)].
- [5] Аптикаева О. И., Шитов А. В., “Динамика радоновой активности в связи с землетрясениями (на примере Алтайской сейсмоактивной области)”, *Геофизические процессы и биосфера*, **15**:1 (2016), 25–42. [Aptikayeva O. I., Shitov A. V., “Dinamika radonovoy aktivnosti v svyazi s zemletryaseniyami (na primere Altayskoy seysmoaktivnoy oblasti)”, *Geofizicheskiye protsessy i biosfera*, **15**:1 (2016), 25–42, (in Russian)].
- [6] *Сейсмическая радоновая станция*, Руководство по эксплуатации, НТМ-Защита, М., 2009. [*Seysmicheskaya radonovaya stantsiya*, Rukovodstvo po ekspluatatsii, NTM-Zashchita, M., 2009, (in Russian)].
- [7] *Earthquake Hazards Program.*, Presented by USGS Earthquake Hazards Program, Golden., 2015 <http://earthquake.usgs.gov/>, (in Russian).

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Кособоков В.Г. Теоретическая база и алгоритм прогноза землетрясений на основе предвестниковой активизации сейсмичности. Автореферат дисс... доктора физ.-мат. наук. М.: 2008. 52 с.
- [2] Нерсесов И. Л., Николаев А. В. Алгоритмическая неразрешимость проблем распознавания некоторых свойств групп // Докл. АН СССР. 1955. Т. 103. №4. С. 533–535.
- [3] Наркунская Г. С. Шнирман М. Г. Иерархическая модель дефектообразования и сейсмичность. Теория и алгоритмы интерпретации геофизических данных (Вычислительная сейсмология). М.: Наука, 1989. С. 27–36.
- [4] Николаев П. Н. Системный подход в анализе и картировании полей тектонических напряжений. Природа и методология определения тектонических напряжений в верхней части земной коры // Материалы Всесоюзной школы-семинара «Измерение напряжений и их приложение в прогнозе землетрясений». Апатиты, 1982. С. 18–42.
- [5] Аптикаева О. И., Шитов А. В. Динамика радоновой активности в связи с землетрясениями (на примере Алтайской сейсмоактивной области) // Геофизические процессы и биосфера. 2016. Т. 15. №1. С. 25–42.
- [6] Сейсмическая радоновая станция. Руководство по эксплуатации. М.: НТМ-Защита, 2009. 22 с.
- [7] Earthquake Hazards Program. Presented by USGS Earthquake Hazards Program Golden. 2015 <http://earthquake.usgs.gov/>.

Для цитирования: Шитов А. В. Долгов Д. П. Барсуков А. А. О возможном изменении динамики объемной активности радона в связи с крупнейшими землетрясениями (на примере станции мониторинга ОАР Горно-Алтайск) // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2019. Т. 29. № 4. С. 223-231. DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-223-231

For citation: Shitov A. V. Dolgov D. P. Barsukov A. A. About a possible change in the dynamics of volumetric activity of radon in connection with the largest earthquakes (for example, monitoring station VAR Gorno-Altaysk, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2019, **29**: 4, 223-231. DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-223-231

Поступила в редакцию / Original article submitted: 18.10.2019

DOI: 10.26117/2079-6641-2019-29-4-223-231

MSC 86A17

**ABOUT A POSSIBLE CHANGE IN THE DYNAMICS
OF VOLUMETRIC ACTIVITY OF RADON IN
CONNECTION WITH THE LARGEST EARTHQUAKES
(FOR EXAMPLE, MONITORING STATION VAR
GORNO-ALTAYSK**

A. V. Shitov D. P. Dolgov A. A. Barsukov

FGBOU VO Gorno-Altaysk state University, Gorno-Altay, Russia

E-mail: sav103@yandex.ru

Annotation. The paper analyzes the results of monitoring the volume activity of radon in 2015 in connection with the largest earthquakes. Measurements were made using seismic radon station (SRS-05) in Gorno-Altaysk. As a result of the study of 11 major earthquakes, the main regularities of the influence of these events on the dynamics of the volume activity of radon were revealed.

Key words: radon, monitoring, earthquake

© Shitov A. V. Dolgov D. P. Barsukov A. A., 2019