

УДК 550.835.24:551.24

ТАЖЕРАНСКИЙ ИНТРУЗИВНЫЙ МАССИВ В ЭМАНАЦИОННОМ РАДОНОВОМ ПОЛЕ (ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

А.А. Бобров¹, А.С. Черемных²

Институт земной коры СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

Приведены результаты исследования поля объемной активности радона (Q , Бк/м³) на Тажеранском интрузивном массиве (Западное Прибайкалье). Определены концентрации подпочвенного радона методом пассивной сорбции на активированном угле с использованием комплекта оборудования «КАМЕРА-01». Показано, что существенные колебания между максимальными и минимальными значениями Q у одной и той же группы пород, а также значительная разница Q среднего у однотипных пород свидетельствуют о том, что на концентрацию радона в большей степени влияет не геохимический, а структурный фактор (степень нарушенности массива и др.). Используемая методика может применяться при изучении разрывной тектоники рудных полей.

Библиогр. 10 назв. Ил. 3. Табл. 1.

Ключевые слова: радон; разломы; Тажеранский массив.

TAZHERAN INTRUSIVE MASSIF IN RADON EMANATION FIELD (WESTERN PRIBAIKALIE)

A.A. Bobrov, A.S. Cheremnykh

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

The paper reports on the results of studying the field of volumetric activity of radon (Q , Bq/m³) in Tazheran intrusive massif (Western Pribaikalie). The concentrations of subsoil radon have been determined by the method of passive sorption on activated coal with the use of «CAMERA-01» equipment. Large fluctuations between the maximum and minimum values of Q parameter for the same group of rocks, as well as a significant difference of Q median with similar rocks indicate that the structural factor (level of massif fracturing and others) rather than geochemical one influences radon concentration. The methodology used can be applied in the study of fault tectonics ore fields.

10 sources. 3 figures. 1 table.

Key words: radon; faults; Tazheran massif.

Введение. Тажеранский интрузивный массив расположен в Западном Прибайкалье (Приольхонье). Его вещественный состав детально изучен предшественниками [2, 3].

Для участка локализации массива исследовано поле объемной активности радона (Q , Бк/м³), а также на основе исследования трещинных парагенезисов выделены региональные поля напряжений, имеющие место в истории тектонического развития Приольхонья, получены данные о разломных зонах, составлена схема их поэтапного формиро-

вания [1]. Известно [4 и др.], что на объемную активность радона влияет геохимический фактор (величина удельной активности Ra²²⁶ и др.), а по концентрации радона в подпочвенном воздухе можно картировать разломы [9 и др.]. Целью проведенного исследования было изучение основных факторов, влияющих на формирование поля радона на участке локализации Тажеранского интрузивного массива, вещественные и структурные особенности которого известны по работам предшественников.

¹Бобров Александр Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории тектонофизики, тел.: 89086603375, e-mail: alexbob@crust.irk.ru

Bobrov Alexander, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Researcher of the Laboratory of Tectonophysics, tel.: 89086603375, e-mail: alexbob@crust.irk.ru

²Черемных Алексей Сергеевич, аспирант, тел.: 89041516082, e-mail: acherem@crust.irk.ru

Cheremnykh Aleksei, Postgraduate, tel.: 89041516082, e-mail: acherem@crust.irk.ru

Методика эманационных работ.

Определение концентрации подпочвенного радона проводилось методом пассивной сорбции на активированном угле с использованием комплекта оборудования «КАМЕРА-01». Его основными элементами являются блок детектирования бета-излучения БДБ-13, четырехканальный коммутатор МК-4, сорбционные колонки СК-13 с активированным углем (адсорберы) и портативный компьютер с программным обеспечением «Радон 98». Чувствительность измерительного канала комплекса «КАМЕРА-01» с блоком детектирования БДБ-13 находится в диапазоне $0.27 \pm 0.03 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, а пределы допускаемой относительной погрешности составляют не более 30%.

Измерение параметра плотности потока радона по предложенной производителем прибора рекомендации [6] над изученными ранее дизъюнктивами Приольхонья показало невозможность применения данной методики для картирования разломных зон и исследования их внутренней структуры. Полученные значения плотности потока радона редко превышали пределы уровня погрешности измерений в программе «Радон 98». Поэтому при исследованиях Тажеранского массива использовался параметр объемной активности радона по методике [5] с изменениями, суть которых будет изложена ниже.

Измерения были организованы так, чтобы снизить воздействие осложняющих факторов (метеорологических и др.). Для выявления оптимальных параметров пробоотбора (глубина установки сорбционной колонки СК-13 с активированным углем, площадь крышки и время экспозиции угольного адсорбера в грунте) по схеме (рис. 1) на территории Приольхонья были проведены серии натурных экспериментов. Использование разных глубин установки угольного адсорбера в грунт показало, что глубина ~10 см от дневной поверхности является оптимальной и достаточной. На данной глубине влияние

метеорологических факторов на параметр Q значительно снижается. Эксперименты с разными размерами крышек, накрывающих угольный адсорбер в грунте, показали, что при малой площади сечения крышки, через которую радон проникает в пробу, концентрация исследуемого газа под ней будет значительно ниже, чем в окружающем пространстве. Эмпирическим путем было определено, что диаметр круглой крышки, равный 18 см, является достаточным для получения истинных концентраций радона. Эксперименты с разным временем выдержки угольного адсорбера в грунте показали, что на территории Приольхонья оптимальным является период экспозиции равный 2 суткам.

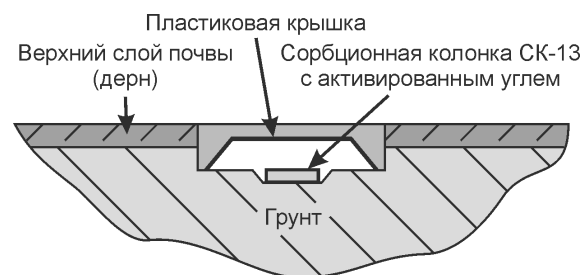


Рис. 1. Схема установки сорбционной колонки СК-13 с активированным углем в грунт для определения активности подпочвенного радона

В итоге, эманационные исследования Тажеранского массива проводились по квадратной сети наблюдений. Шаг между точками измерения составлял 250 м. Для определения величины активности подпочвенного радона на каждой точке измерения снимался верхний слой почвы (дерн), и сорбционная колонка с активированным углем помещалась в грунт на глубине ~10 см (см. рис. 1). Углубление с адсорбером накрывалось сверху крышкой и присыпалось землей. Время экспонирования сорбционной колонки СК-13 с активированным углем составляло 2 суток. Далее адсорбер извлекался из грунта и уголь, насыщенный радоном, помещался в детектор бета-излучения БДБ-13. Дополнительные параметры (масса адсорбера до и после экспониро-

вания, даты и время установки и снятия адсорбера) использовались для расчетов в программе «Радон 98». Итогом вычислений являлась интегральная (средняя за двое суток) абсолютная величина Q в точке измерения.

В целом измерения по предложенной нами схеме (см. рис. 1) дают возможность проводить исследования даже при кратковременных осадках в виде небольшого дождя, а использование интегральной (средней за двое суток) абсолютной величины Q позволяет исключить влияние суточных вариаций радона [8 и др.].

Результаты работ. В результате проведенных по описанной выше методике эманационных работ было сделано 164 точки измерения параметра Q и построена карта распределения концентраций радона на Тажеранском массиве (рис. 2). На карте видно, что в целом

объект наших исследований выделяется низкими значениями Q . В центральной части Тажеранского массива концентрация радона в подпочвенном воздухе не превышает ~ 500 Бк/м³. Повышенные значения Q наблюдаются лишь у границ массива и за его пределами.

Изучение влияния геохимического фактора на формирование поля радона проводилось путем сопоставления карты распределения концентраций подпочвенного радона на Тажеранском массиве с геологическими данными [2]. Анализ вариаций параметров эманационного поля в зависимости от типа горных пород в точках опробования (таблица, рис. 3) показывает, что среднее значение Q для всех групп горных пород, кроме № 1 (таблица 1), не превысило ~ 1000 Бк/м³.

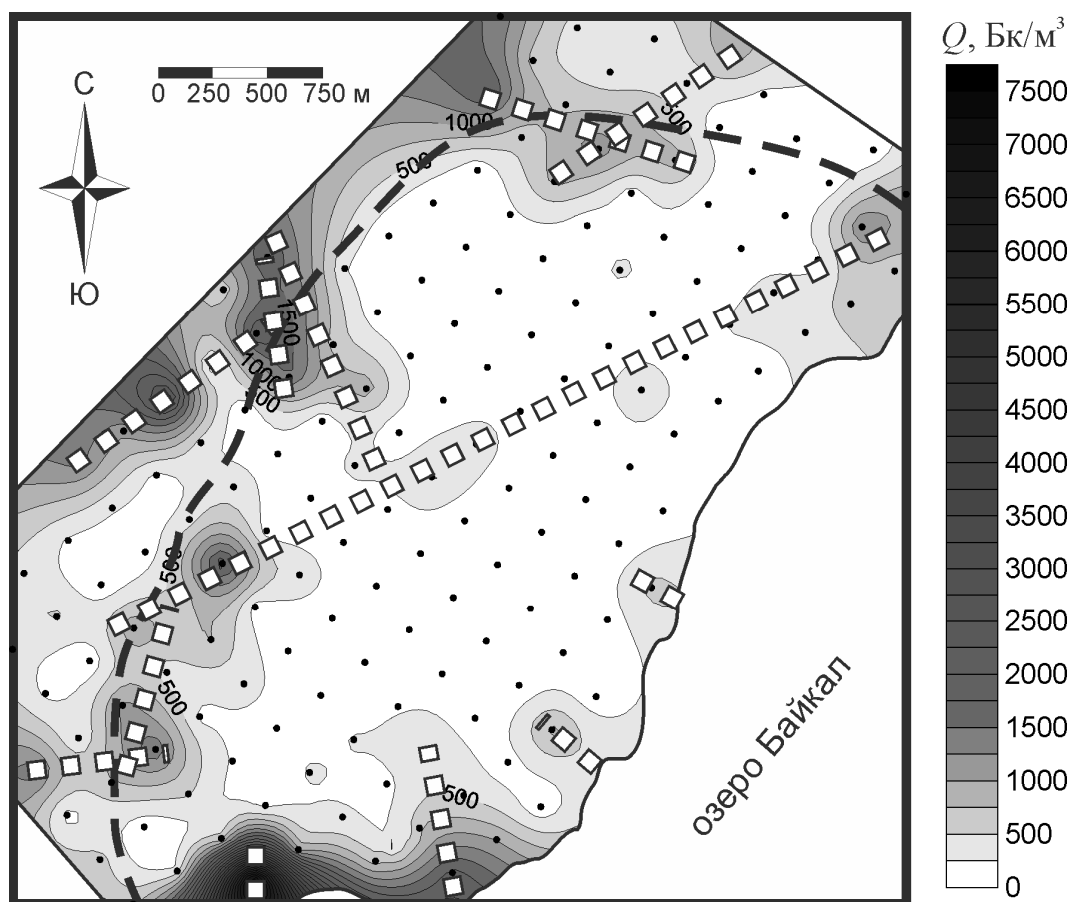


Рис. 2. Распределение концентраций радона (Q) на Тажеранском массиве.

Черным пунктиром обозначены его границы согласно карте [2].

Белым пунктиром показано местоположение разломных зон, полученных по эманационным данным. Черными точками обозначены пункты измерений подпочвенного радона

Минимальными концентрациями радона отмечаются граниты (450 Бк/м^3), кайнозойские склоновые и озерные рыхлые отложения (589 Бк/м^3) и мраморы доломитовые (559 Бк/м^3), которые были опробованы лишь в 2–3 точках наблюдений.

Повышенные значения Q отмечаются в породах комплекса Анга [2]: в амфиболитах, гнейсах – 1410 Бк/м^3 (одна точка наблюдения) и силикатно-карбонатных породах – 692 Бк/м^3 (одна точка наблюдения). Можно предположить, что источником повышенных концентраций радона могут быть породы комплекса Анга.

С другой стороны, на границе Тажеранского массива, где получены вышеперечисленные значения Q , зафиксированы разломные зоны [1]. Наличие дизъюнктивов может быть основной причиной высоких концентраций подпочвенного радона [7].

К комплексу Тажеран относятся горные породы № 4, 11, 12 и 14 (см. таблицу). Они характеризуются средними содержаниями концентраций радона в пробах от 209 до 695 Бк/м^3 , при

этом разброс между максимальным и минимальным абсолютными значениями Q может превышать более одного порядка. Например, в группе № 11 (габбро и микрогаббро субщелочные) было сделано 16 проб и установлено, что Q_{\max} больше Q_{\min} в ~ 38 раз. Такая существенная разница в абсолютных значениях Q для одной группы пород свидетельствует о том, что значительный вклад в формирование поля радона вносит не геохимический, а, скорее всего, структурный фактор.

Сравнение однотипных групп пород показало, что их средние значения различаются в разы. Также отмечается большая разница между максимальными и минимальными абсолютными значениями Q . Например, породы групп № 2 (мраморы доломитовые, $Q_{\text{ср}} = 980 \text{ Бк/м}^3$) и № 9 (мраморы, $Q_{\text{ср}} = 539 \text{ Бк/м}^3$) имеют близкий состав, но их средние значения отличаются в ~ 1.8 раза.

Максимальное значение параметра Q в одной из проб, расположенной в юго-западной части района работ, составило 7690 Бк/м^3 . Оно зафиксировано в метаморфизованных субвулканических

Содержание подпочвенного радона (Q) в породах Тажеранского массива

№ п/п	Горные породы согласно геологической карте [2]	Кол-во проб, шт.	$Q_{\text{ср}}$, Бк/м^3	Q_{min} , Бк/м^3	Q_{max} , Бк/м^3
1	Амфиболиты гнейсы	1	1410	–	–
2	Мраморы доломитовые	3	980	559	1330
3	Кайнозойские склоновые и озерные рыхлые отложения	2	749	589	908
4	Сиенито-гнейсы и нефелиновые сиенито-гнейсы бласто-милонитизированные, нерасчлененные	12	695	99	1970
5	Силикатно-карбонатные породы	1	692	–	–
6	Граниты	2	657	450	864
7	Амфиболиты тонкополосчатые	6	602	46	1790
8	Габбро, монцогаббро, монцониты, сиениты метаморфизованные	15	576	50	2700
9	Мраморы	9	539	49	2010
10	Метаморфизованные субвулканические породы основного состава, роговики по ним	42	432	45	7690
11	Габбро и микрогаббро субщелочные	16	426	49	1850
12	Сиениты крупно- и среднезернистые массивные. Сиенито-гнейсы	42	265	47	1540
13	Скарны сдвиговой зоны Орсо – Улан-Нур	2	221	52	389
14	Нефелиновые сиениты, нефелиновые сиенит-пегматиты, святоноситы. Нефелиновые сиенито-гнейсы	4	209	53	386
15	Карбонатиты бруситовые	6	189	54	460
16	Скарны Центрально-Тажеранской сдвиговой зоны	1	152	–	–

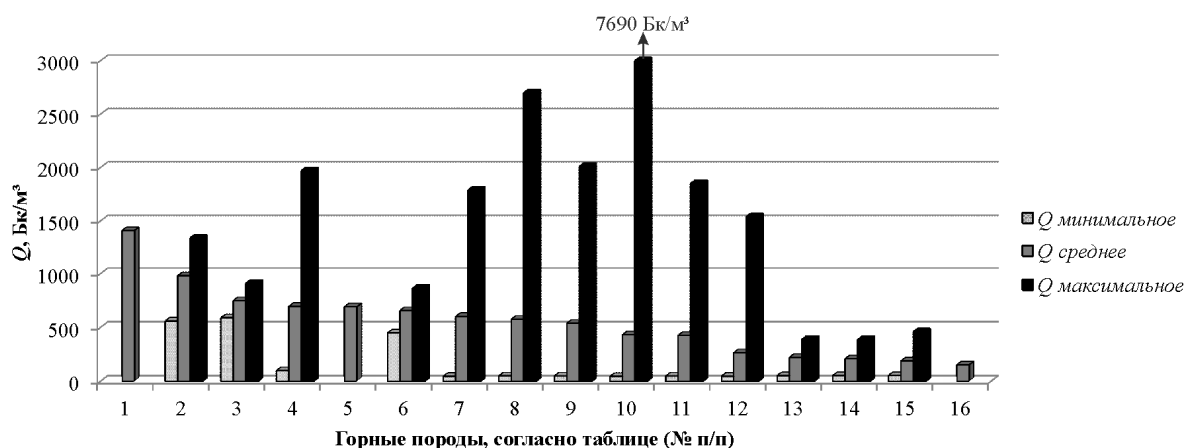


Рис. 3. Гистограмма распределения подпочвенного радона (Q) в горных породах Тажеранского массива

ких породах основного состава, роговиках по ним. Наличие такого высокого значения Q только в одной из 42 проб из этой же группы пород, а также относительно небольшое $Q_{\text{ср}} = 432$ Бк/м³ для нее свидетельствуют о том, что эта аномалия, скорее всего, обусловлена присутствием разломной зоны с субвертикальным падением сместителя и высокой степенью нарушенности, чем породами Тажеранского массива. В этой группе пород зафиксирована самая большая разница (в ~ 171 раз) между Q_{max} и Q_{min} .

Таким образом, большие колебания между максимальными и минимальными абсолютными значениями Q у одной и той же группы пород, а также значительная разница $Q_{\text{ср}}$ у однотипных пород свидетельствуют о том, что на концентрацию радона в большей степени влияет не геохимический, а структурный фактор (степень нарушенности массива и др.). По полученным данным невозможно утверждать о наличии устойчивой связи повышенных значений Q с определенными разновидностями горных пород Тажеранского массива.

Исследование влияния разломного фактора на формирование поля радона проводилось путем сопоставления карты распределения концентраций подпочвенного радона на Тажеранском массиве с геолого-структурными данными [1]. Наши предшествующие ис-

следования в Приольхонье показали хорошую зависимость радоновой активности от степени нарушенности горных пород разрывами [7]. При этом максимумы параметра Q наблюдаются над разломными зонами, выполненными открытой трещиноватостью, которая является проводником для газов, в том числе радона. С использованием опыта предшествующих исследований изучения внутренней структуры разломных зон по данным радоновой съемки были проведены линии предположительного расположения дизъюнктивов (см. рис. 2). При этом считалось, что разломная зона фиксируется не только соседними точками повышенных значений Q , но и цепочкой линейно распределенных максимумов, разделенных минимумами Q . Именно такой чередой максимумов выделилась самая крупная разломная зона, зафиксированная на участке работ. Она характеризуется северо-восточным простиранием и проходит через центральную часть Тажеранского массива. Местоположение дизъюнктива подтверждается геолого-структурными данными.

Центральная часть Тажеранского массива выделяется в эманациях радона низкими значениями Q , что свидетельствует о его относительно монолитном строении в плане деструкции. Зафиксированные геолого-структурными методами разломные зоны в этой области в настоящее время, скорее всего, неак-

тивны, и их трещины заполнены непроницаемыми для газа глиной трения и (или) продуктами выветривания. Подобный характер аномалий наблюдался ранее в предшествующих исследованиях [7, 10]. По эманационным данным можно сделать предположение, что активизация разломных зон, зафиксированных в ходе геолого-структурных исследований, происходила по границе Тажеранского массива. Это подтверждается повышением концентраций подпочвенного радона. В целом распределение газовых эманаций согласуется с характером нарушенности горных пород разрывами, установленными в ходе геолого-структурных исследований.

Заключение. В ходе проведенного исследования на Тажеранском интрузивном массиве были сделаны следующие выводы:

1. Существенные колебания между максимальными и минимальными значениями Q у одной и той же группы пород, а также значительная разница $Q_{\text{ср}}$ у однотипных пород свидетельствуют о том, что на концентрацию радона в большей степени влияет не геохимический, а структурный фактор (степень нарушенности массива и др.). Полученные данные свидетельствуют об отсутствии устойчивой связи повышенных значений Q с вещественным составом пород комплекса Тажеран.

2. Центральная часть Тажеранского массива в эманациях радона выделяется низкими значениями Q . Разломные зоны, представленные открытой трещиноватостью, наблюдаются преимущественно на границе интрузивного массива.

Авторы благодарны Р.М. Зарипову и А.А. Тарасовой за помощь в проведении эманационной съемки, а также к.г.-м.н. А.В. Черемных и Ю.П. Бурзуновой за предоставленные геолого-структурные данные.

Работы выполнены при поддержке РФФИ (№ 12-05-00322).

Библиографический список

1. Бурзунова Ю.П. Поля напряжений и разломные зоны участка «Тажеранский массив» в Западном Прибайкалье (результаты парагенетического анализа трещиноватости) // Строение литосферы и геодинамика: материалы XXV Всероссийской молодежной конференции. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 94–96.

2. Геологическая карта массива Тажеран / Федоровский В.С., Склярков Е.В., Мазукабзов А.М., Котов А.Б., Лавренчук А.В., Старикова А.Е. – 1:100000. М.: Издание Группы компаний А1 ТИС, 2009.

3. Конев А.А. Самойлов В.С. Контактный метаморфизм и метасоматоз в ореоле Тажеранской щелочной интрузии. Новосибирск: Наука, 1974. 244 с.

4. Макаров В.И., Бабак В.И., Дорожко А.Л., Бондаренко В.М., Демин Н.В. Влияние структурно-геологических особенностей на распределение концентраций подпочвенного радона и радона в подвалах жилых зданий (на примере района Чертаново г. Москвы) // Геоэкол., инж. геол., гидрогеол. и геокриол. 2003. № 2. С. 139–152.

5. Методика измерений средней за время экспозиции объемной активности радона в воздухе жилых и служебных помещений. М.: НТЦ «НИТОН», 1993. 6 с.

6. Методика измерения плотности потока радона с поверхности земли и строительных конструкций. М.: НТЦ «НИТОН», 1993. 6 с.

7. Семинский К.Ж., Кожевников Н.О., Черемных А.В., Поспеева Е.В., Бобров А.А., Оленченко В.В., Тугарина

М.А., Потапов В.В., Зарипов Р.М., Черемных А.С. Межблоковые зоны в земной коре юга Восточной Сибири: тектонофизическая интерпретация геолого-геофизических данных // Геодинамика и тектонофизика. 2013. 4 (3). С. 203–278.

8. Яковлева В.С., Петракова И.В. Выявление закономерностей в вариационных изменениях объемной активности радона в околоземном слое атмосферы // Проблемы региональной экологии. 2000. № 6. С. 135–136.

9. Ciotoli, G., Etiope, G., Guerra, M., Lombardi, S. The detection of concealed faults in the Ofanto Basin using correlation between soil-gas fracture surveys // Tectonophysics. 1999. V. 301. P. 321–332.

10. King, C.-Y., Zhang, W., King, B.-S. Radon anomalies on three kinds of faults in California // Geophysics PAGEOPH. 1993. V. 141 (1). P. 111–124.

Рецензент доктор геолого-минералогических наук,
профессор Иркутского государственного технического университета А.П. Кочнев