

А. М. ЧИРКОВ

О СОДЕРЖАНИИ Rn<sup>222</sup> В ГИДРОТЕРМАХ КАМЧАТКИ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 2 VI 1970)

Концентрация радона в термальных источниках вулканических районов изменяется в широких пределах: в Японии (1) от  $3 \cdot 10^{-11}$  до  $1,2 \cdot 10^{-7}$  С/л, в Исландии (2)  $3 \cdot 10^{-10}$  —  $2,6 \cdot 10^{-7}$  С/л, в Новой Зеландии (3)  $8 \cdot 10^{-10}$  —  $3,2 \cdot 10^{-7}$  С/л. Нами было изучено распределение Rn<sup>222</sup> в термопроявлениях современных гидротермальных систем Камчатки.

При помощи сцинтилляционных  $\alpha$ -эманометров Альфа-1 и ЭМ-6 сделано около 200 определений концентрации Rn в спонтанных газах термальных источников (табл. 1). Приборы не реже одного раза в неделю эталонировались жидкими радиевыми эталонами. Измерения проводились спустя 3 часа после наполнения камеры газом. Одновременно с отбором пробы на Rn из тех же точек брались пробы газа на химический анализ. Анализы показали, что примесь воздуха в спонтанных газах незначительна. Содержание кислорода в 78% случаев составляет менее 5%; в 10% случаев 5—10%. Отношение N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> изменяется от 76 до 4, в большинстве случаев оно больше 10. В составе газов преобладают CO<sub>2</sub> (до 96%) или N<sub>2</sub> (до 97%), в незначительных количествах (от сотых долей до 15%) присутствуют SiH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S. Зависимости между содержанием Rn и составом газа не обнаружено.

Исследования проводились как на высокотемпературных (температура воды в недрах больше 100°), так и на низкотемпературных (<100° в недрах) системах. В целом содержание Rn в термопроявлениях высокотемпературных систем — системы №№ 1—5 в табл. 1 — намного выше, чем в низкотемпературных. Узонская термоаномалия является классическим примером системы, в которой область теплового питания совпадает с областью формирования и разгрузки парогидротерм с ярко выраженной гидрохимической зональностью. Здесь наибольшие концентрации Rn наблюдаются на участках, где разгружаются неметаморфизованные хлоридно-натриевые воды и интенсивно проявляются процессы денаривирования

Таблица 1

Содержание Rn<sup>222</sup> в спонтанных газах гидротермальных систем и источников Камчатки

№№ п. п.	Гидротермальная система, источник	Т-ра воды на поверхности, °С	Число определений	Число проб, точек с разл. содерж. Rn (10 <sup>-10</sup> С/л)								Максим. концентр. Rn, 10 <sup>-10</sup> С/л
				всего	в т. ч. с содерж. Rn 10 <sup>-10</sup> С/л							
					<50	50—100	100—200	200—300	300—400	400—500	≥500	
1	Узонская	30—98	73	56	11	11	11	5	6	2	10	1000
2	Паужетская	47—100	34	30	10	6	3	1	4	4	2	650
3	Большо-Бзнная	49—98	5	5	—	2	1	—	—	—	—	650
4	Кареуская	48—98	7	7	1	—	1	1	2	2	—	485
5	Кошелевская	38—99	8	8	3	2	3	—	—	—	—	180
6	Академии наук	75—98	5	5	—	—	—	5	—	—	—	250
7	Начинская	75—80	11	11	—	2	—	—	—	—	—	80
8	Надычевская	68—70	13	13	—	—	—	—	—	—	—	8
9	Карымский источник	24—40	38	1	1	—	—	—	—	—	—	5

и дегазации исходного термального раствора. В системах, где области формирования разгрузки гидротерм пространственно разделены (Паужетская, Киреунская), содержание Rn в потоке термальных вод быстро убывает по мере удаления от очага нагрева. В спонтанных газах низкотемпературных гидротермальных систем и термальных источников (№№ 7—9 в табл. 1) содержание Rn не превышает  $8 \cdot 10^{-9}$  С/л.

Повышенные концентрации Rn в высокотемпературных гидротермальных системах могут быть обусловлены очагами кислых магм. Очаги являются источниками глубинных эманаций, с которыми связано формирование высокотемпературных гидротерм. По-видимому, эти эманации приносят в нижние части высокотемпературных систем радий (распадаясь, образует радон), который концентрируется вблизи или в самих термовыводящих каналах. При вскипании на глубине высокотермальных вод Rn выносится на поверхность вторичным паром. Эндогенные эманации «протыкают» (4) водоносную систему, ускоряя тем самым транспортировку Rn из глубины к поверхности. В благоприятной гидрогеологической и физико-химической обстановке не исключено также образование субповерхностных эманулирующих коллекторов, обогащенных радием. Пониженное содержание Rn в низкотемпературных системах, по сравнению с высокотемпературными, не может быть объяснено только различной растворимостью Rn в виде (коэффициент растворимости при  $40^\circ$  равен 0,160; при  $100^\circ$  0,107). Вероятно, здесь сказывается отсутствие или слабое влияние глубинных эманаций.

На рис. 1 показано изменение концентрации Rn в спонтанном газе Карымского термального источника с сентября 1966 г. по март 1970 г. Источник расположен у подножия одного из наиболее активных вулканов Камчатки — Карымского. В формировании терм этого источника, видимо, принимают участие вулканические эксгаляции (4). С 1960 г. Карымский вулкан находился в состоянии извержения. Его эксплозивная деятельность продолжалась до ноября — декабря 1967 г., — на рис. 1 показано стрелкой. В период с мая по октябрь 1968 г. на сейсмической станции, работавшей в районе вулкана, не было зарегистрировано ни одного вулканического землетрясения. Наступил период покоя.

Сопоставление графика изменения содержания Rn в газе источника с активностью вулкана наводит на мысль об их взаимосвязи. Радиометрический метод может оказаться эффективным для контроля за состоянием вулкана и прогноза извержений. В настоящее время кривая концентрации Rn в источнике имеет тенденцию к повышению, что, вероятно, является указанием на подготовку вулкана к новому извержению.

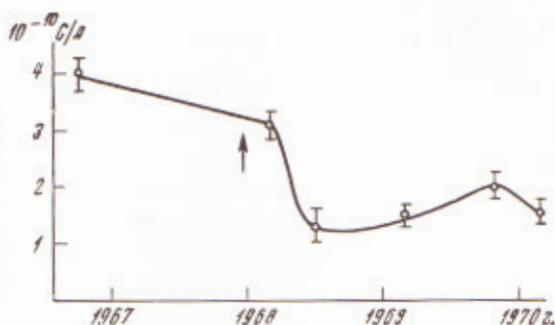


Рис. 1. Изменение содержания радона в Карымском термальном источнике. Показана среднеквадратичная ошибка измерений

Институт вулканологии  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Петропавловск-Камчатский

Поступило  
22 V 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> I. Iwasaki, T. Katsura et al., Bull. Volcanol., Ser. II, 18, 103 (1956).  
<sup>2</sup> T. E. W. Barth, Volcanic Geology, Hot Springs and Geysers of Iceland, Carnegie Inst. Washington, Publ. 587, 1950. <sup>3</sup> R. E. Belin, Geochim. et cosmochim. acta, 16, № 1/3, 181 (1959). <sup>4</sup> В. И. Кононов, Влияние естественных и искусственных очагов тепла на формирование химического состава подземных вод, «Наука», 1965.