

В. И. КОНОНОВ, Б. Г. ПОЛЯК

**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ИСЛАНДИИ
КАК ОТРАЖЕНИЕ ЕЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ**

(Представлено академиком А. В. Пейве 11 VII 1972)

Исландия в последние годы привлекает особое внимание геологов в связи с резким расширением исследований строения и истории дна мирового океана. Посетив эту страну в 1970 г., а затем в составе Советской комплексной геолого-геофизической экспедиции АН СССР в 1971 г., авторы провели на ее территории полевые геотермические и гидрогеохимические исследования. Одной из задач этих работ было изучение геохимических особенностей современных гидротерм и распределения их различных типов в связи с выяснением глобальных закономерностей проявления геотермальной активности и соотношения между геологическими структурами Исландии и Срединно-Атлантического хребта. Полученные нами данные, в сопоставлении с известными материалами по гидрогеохимии других вулканических областей, позволяют сделать в этом направлении некоторые выводы, учитывающие также результаты предыдущих исследований состава гидротерм Исландии (1-4).

Особенности геологического строения и геотермического режима различных частей Исландии, охарактеризованные во многих публикациях (например (5-8)), четко коррелируются с геохимической спецификой современных гидротерм, проявляющейся, в частности, в существовании определенной зональности их газового состава (см. рис. 1 и табл. 1).

В области распространения третичных базальтов развиты типичные азотные термы. Они очень похожи на многие известные источники Камчатки, Памира, Тянь-Шаня, Забайкалья и других районов. По своему происхождению это инфильтрационные воды, ионно-солевой состав которых

Таблица 1

Основные типы гидротерм Исландии

Тип вод	Пример	Формула химического состава *
Азотные	Рейкир, Фийоскадалур	$N_2 97 M_{0,28} \frac{CO_2 55 HSiO_4 16 SO_4 13 Cl 10 F_4}{Na 89 Ca 6 Mg 5} T 90 \text{ pH } 9,6 SiO_2 94$
Углекислые Холодные	Раудамельолькельда	$CO_2 99 M_{0,08} \frac{HCO_3 54 Cl 42}{Na 60 Ca 2 Mg 42} T 77 \text{ pH } 7,0 SiO_2 6$
Горячие	Лизуходль	$CO_2 93 N_2 6 M_{1,8} \frac{(HCO_3 + CO_2) 86 Cl 9}{Na 88 Ca 6} T 58 \text{ pH } 8,2 SiO_2 103$
Азотноуглекислые	Большой Гейзер	$CO_2 77 N_2 21 M_{1,2} \frac{(HCO_3 + CO_2) 39 SO_4 31 Cl 15}{Na 33} T 85(100) \text{ pH } 8,8 SiO_2 394$
Водородные	Несьяведлир **	$H_2 46 CO_2 47 H_2 S 7 M_{0,8} \frac{CO_2 58 SO_4 29 Cl 10}{Na 91 K 7} T 100(222) \text{ pH } 8,4 SiO_2 452$

* В формуле выражены содержания указанных газов (% к объему газа), минерализация (M, г/л) анионно-катионный состав («дробью», мг-экв.%, температура (T, °C), концентрация SiO₂ (мг/л).

** Конденсат пароводяной смеси из скважины.

формируется в результате выщелачивания вулканических пород в зонах глубоких тектонических разломов при отсутствии заметного влияния магматических и метаморфических процессов. Нагрев вод обеспечивается региональным тепловым полем. Геотермические данные ($^{\circ}$, 10) и результаты изучения концентраций изотопов водорода в азотных термах Исландии (11) свидетельствуют о том, что их циркуляция происходит относительно быстро в пределах первых 2—2,5 км геологического разреза.

П.-о. Снайфедльснесс представляет собой провинцию холодных и горячих гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод, в газах которых доми-

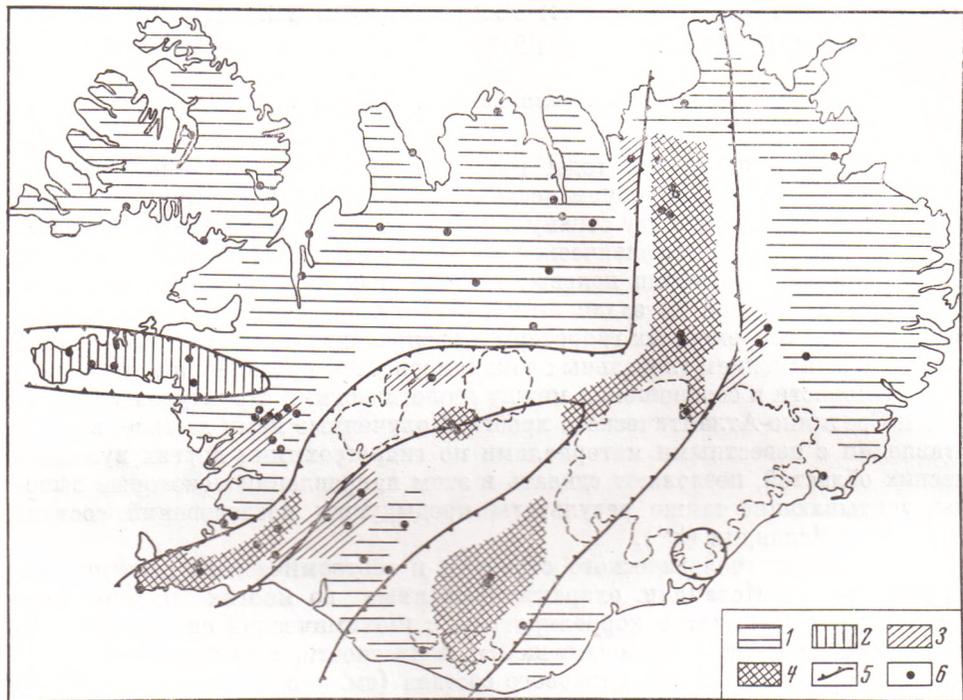


Рис. 1. Схема гидрохимической зональности термальных вод Исландии. 1—4 — зоны распространения терм: азотных (1), углекислых (2), азотно-углекислых (3) и водородных (4); 5 — границы невулканической зоны (по С. Тораринссону); 6 — термоявления с изученным газовым составом

нирует углекислота. Аналоги их широко распространены в тектонически активных регионах, особенно в вулканических провинциях. Обычно формирование вод этого типа связывают с процессами термометаморфизма, но возможно и участие углекислоты магматического происхождения, выделяющейся из остывающих глубинных очагов. Особенностью некоторых терм этого района (Лизуходль) является наличие гейзерита вокруг их выходов (в отложениях терм более 90% SiO_2 при почти полном отсутствии кальция).

Следующим типом термальных вод, выделяющимся в Исландии по газовому составу, являются азотно-углекислые термы. Именно к этому типу относятся самые мощные проявления гидротермальной активности Камчатки, Новой Зеландии, Японии и других районов современной вулканизма. Обычно полагают, что формирование таких вод обусловлено поступлением нагретого магматического теплом флюида, несущего газы глубинного происхождения. Тепловой потенциал азотно-углекислых терм Исландии возрастает в соответствии с увеличением отношения CO_2/N_2 , которое варьирует от $n \cdot 0,01$ (термы районов Рейкхольтсдалур, Лойгардалур и др.) до $n \cdot 10$ (группы Большого Гейзера, Хвераведлир-Кьолур и др.). Эти гид-

ротермальные системы приурочены к краевым частям зоны современного вулканизма и ее ближайшей периферии (см. рис. 1).

Внутри зоны современного вулканизма развиты гидротермальные системы, резко отличающиеся по составу газов от других гидротермальных систем мира. Это отличие вызвано присутствием значительного количества водорода, иногда являющегося вообще господствующим газом (до 64 об. % (³)). Остальные компоненты газового состава — углекислота (особенно много ее в береговых термах Реkjянеса), сероводород и некоторое, обычно весьма малое, количество азота. Это сближает гидротермы Срединной зоны Исландии с сероводородно-углекислыми фумарольными термами действующих вулканов мира, в которых иногда тоже отмечается присутствие водорода. Но в газах гидротермальных систем водород обычно практически отсутствует. Известно, однако, что он составляет 14—15% в газах Гейзеров Сонома в Калифорнии, США (¹²) и до 40% в парогазовых струях на термальном поле Ахуачапан в Сальвадоре (¹³). Эти термопроявления расположены в зоне примыкания к Американскому континенту Восточно-Тихоокеанского поднятия. Поэтому кажется, что «водородные» термы — характерный тип термальных вод, формирующийся в зонах срединно-океанических хребтов. Хотя происхождение водорода в этих термах пока не вполне ясно, представляется, что он имеет глубинный генезис, будучи или прямым дериватом мантии (¹⁴, ¹⁵), или продуктом процессов, идущих в глубоких недрах. Особый интерес вызывает возможность генерации его при взаимодействии воды с железосодержащими минералами, — например с фэйялитом, столь характерным для базальтовых магм Исландии, — в магматическом расплаве или в процессе серпентинизации. Такой процесс, обладая очень большим экзотермическим эффектом, сопровождаясь увеличением объема и продуцируя, помимо водорода — самого энергичного природного теплоносителя, — еще и SiO₂, высокое содержание которой отличает термы Исландии, может объяснить не только геохимическую специфику современной гидротермальной активности в этом регионе, но и некоторые особенности его геоэнергетического режима и глубинного строения.

В заключение мы считаем своим долгом поблагодарить Национальный научный совет Исландии за предоставленную нам возможность провести полевые исследования. Очень ценными для нас были обсуждения этих и других материалов с профессорами С. Тораринссоном и Г. Сигвалдасоном (Рейкьявский университет), докторами Г. Палмасоном и С. Арнорссоном (Департамент природного тепла).

Геологический институт
Академии наук СССР
Москва

Поступило
11 VII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ T. F. W. Barth, *Volcanic Geology, Hot Springs and Geysers of Iceland*. Carnegie Inst. of Wash., Publ. 587, Washington, 1950. ² S. Arnorsson, J. Jonsson, J. Tomasson, *Proc. of XXIII Intern. Geol. Congr.*, 18, 1969. ³ G. Sigvaldason, *Bull. Volcanol.*, 29 (1966). ⁴ B. Arnason, P. Theodorsson et al., *Bull. Volcanol.*, 33 (1969). ⁵ S. Thorarinsson, T. Einarsson, G. Kjartansson, *Geogr. ann.*, H. 2—3 (1959). ⁶ G. Palmason, *Crustal Structure of Iceland from Explosion Seismology*, Reykjavik, 1971. ⁷ В. В. Муратов, Изв. высш. учебн. завед., Геология и разведка, № 12 (1961). ⁸ В. А. Баскина, *Сов. геол.* № 1 (1971). ⁹ G. Palmason, In: *Iceland and Mid-Ocean Ridges*, Reykjavik, 1967. ¹⁰ S. Arnorsson, *Geothermics*, Sp. Issue, 2, p. 1, 1970. ¹¹ B. Arnason, Th. Sigurgeirsson, In: *Isotopes in Hydrology*, Vienna, 1967. ¹² А. Дж. Эллис, в кн. *Геохимия гидротермальных рудных месторождений*, М., 1970. ¹³ G. Sigvaldason, G. Cuéllar, *Geochemistry of the Ahuachapan thermal area El Salvador, Central America*, 1970. ¹⁴ В. И. Вернадский, *Избр. соч.*, Изд. АН СССР, 1954—1960. ¹⁵ П. Н. Кропоткин, *Сов. геол.*, № 47 (1955).