

УДК 551.23+556.36

ОСОБЕННОСТИ РАЗГРУЗКИ ВЫСОКОДЕБИТНЫХ ХОЛОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ В БАССЕЙНЕ р. ПРАВАЯ КЕДРОВАЯ (КАРЫМСКИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР, КАМЧАТКА)

© 2003 г. В. Л. Леонов, Д. В. Кобренков

Институт вулканологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Поступила в редакцию 26.11.2002 г.

В статье приводятся данные о геолого-структурной позиции и особенностях разгрузки высокодебитных восходящих холодных источников, расположенных в западной части Карымского вулканического центра на Камчатке. Приведена подробная схема участка разгрузки, данные о дебите и химическом составе вод. Обсуждается возможность связи источников с Карымской геотермальной системой.

В пределах Карымского вулканического центра (КВЦ), расположенного на центральном участке Восточно-Камчатского вулканического пояса, известно несколько групп термальных источников, которые рассматриваются как следствие существования здесь одной из крупнейших на Камчатке высокотемпературных геотермальных систем [1, 2] (рис. 1). Источники приурочены к молодым кальдерам - Карымской и Академии наук. Предполагается, что существование терм связано с наличием в недрах упомянутых кальдер близповерхностных магматических очагов, которые являются источником тепла и вещества для геотермальной системы [1, 2, 4].

На периферии вулканического центра известна одна группа термальных источников. Они расположены в среднем течении реки Кедровой и имеют то же название. По результатам работ Ольховой гидрогеологической партии (Отчет..., 1993) вода этих источников хлоридно-сульфатная кальциево-натриевая нагрета до температуры 41°, рН 5.1, дебит - 5 л/с, общая минерализация - 1.1 г/л. Другие многочисленные источники на периферии КВЦ - холодные.

Летом 2002 г., проводя геологические исследования в бассейне реки Правая Кедровая, мы обследовали группу холодных ($T = 5.5^{\circ}\text{C}$), слабоминерализованных ($M_{\text{общ}} = 118$ мг/л) источников, отличающихся большим дебитом (более 1340 л/с) и необычным характером разгрузки. Цель настоящего сообщения - представить новые дан-

ные об этих источниках, которые, как нам представляется, могут быть полезны для понимания общей гидрогеологической ситуации в районе и конкретно на периферии Карымского вулканического центра.

Геолого-структурная позиция источников. Источники расположены в западной части Карымского вулканического центра, в том месте, где его склоны, сложенные игнимбритами и туфами риодацитового состава, связанными с кальдерой Полювинка (возраст - 180-150 тыс. лет [3]), рассекает группа молодых, позднеплейстоцен-голоценовых разрывов северо-северо-восточного простирания (рис. 1). По характеру смещения все разрывы, относящиеся к этой группе (Жупановско-Карымской, по [7]), являются сбросами. Они формируют грабен, который имеет длину около 20 км, ширину - 9 км. Разрывы, ограничивающие грабен с запада, наиболее крупные и имеют максимальную амплитуду вертикального смещения до 50 м. Источники связаны с крайним западным разрывом. Они располагаются около его северного окончания, там где разрыв пересекает долину крупного левого притока р. Правой Кедровой (рис. 1). Абсолютная высота выхода источников 340 метров. Они находятся в 7.5 км к северу от термальных источников Кедровых, связанных с той же системой разрывов, и в 15 км к западу и юго-западу от кальдер Академии Наук и Карымская.

Особенности выхода источников на поверхность. Источники восходящие, они представляют собой ключи, бьющие на дне многочисленных, разного размера воронок, заполненных водой и песком. Во многих местах воронки сливаются друг с другом, в результате чего образуются удлиненные озера, вытянутые в северо-северо-вос-

*Отчет Ольховой ГПП о результатах гидрогеологической съемки масштаба 1:200000, проведенной на территории листов N57-XXII, XXVIII, XXIX в 1989-1991 гг. (в 3-х томах). 1993 г. (Камчатские территориальные геологические фонды, г. Петропавловск-Камчатский, инв. № 5677/1).

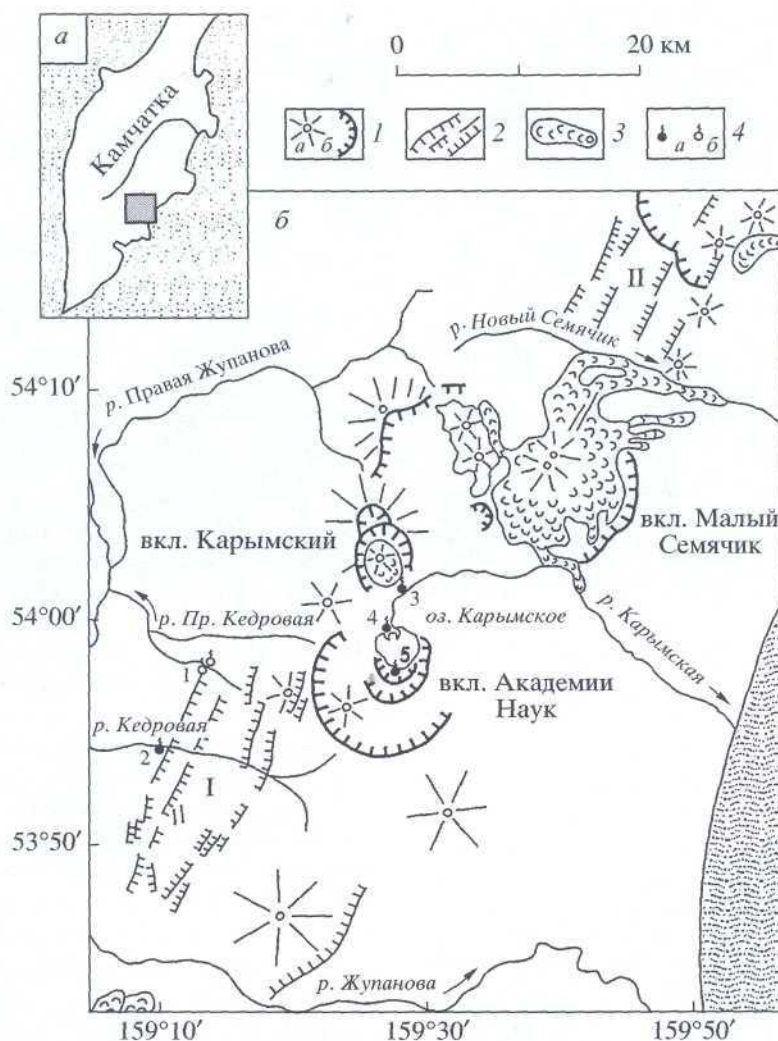


Рис. 1. Обзорные схемы (а, б) района исследований: 1 - вулканы (а), кальдеры (б); 2 - разрывные нарушения позднелейстоценового и голоценового возраста (I, II - соответственно, Жупановско-Карымская и Мало-Большесемячинская группы, по [7]); 3 - лавовые потоки позднелейстоцен-голоценового возраста; 4 - источники (1 - Право-Кедровые, 2 - Кедровые, 3 - Карымские, 4 - истока реки Карымской, 5 - Академии Наук), термальные (а) и холодные (б).

точном направлении. Мы составили план источников (рис. 2), на котором видно, что ключи образуют узкую линейную зону, пересекающую долину реки практически вкост ее простираения. В длину зона источников протягивается почти на 500 м, в ширину на 50 м. Обособляется несколько групп источников, имеющих отдельный сток: группы А, Б, В (на правом берегу) и Г (на левобережье) (рис. 2). На ручьях, берущих начало от

этих групп, нами был измерен расход, который затем суммировался и считался общий расход всех источников (табл. 1). Ниже приводится описание источников по группам.

Группа А (северная). Источники расположены на дне длинного озера, вытянутого в направлении 20°СВ. Размеры озера: длина - 70 м, ширина - от 10 до 20-25 м, глубина - от 1-1.5 м до 2 м (в во-

Таблица 1. Дебит источников р. Правой Кедровой, л/с

Группа А (створ 1)	Группа Б (створ 2)	Группы А + Б (створ 3)	Группа В (створ 4)	Группа Г (створ 5)	Суммарный дебит групп А, Б, В, Г	Река (створ 6)
200	370	575	330	440	1340	1270

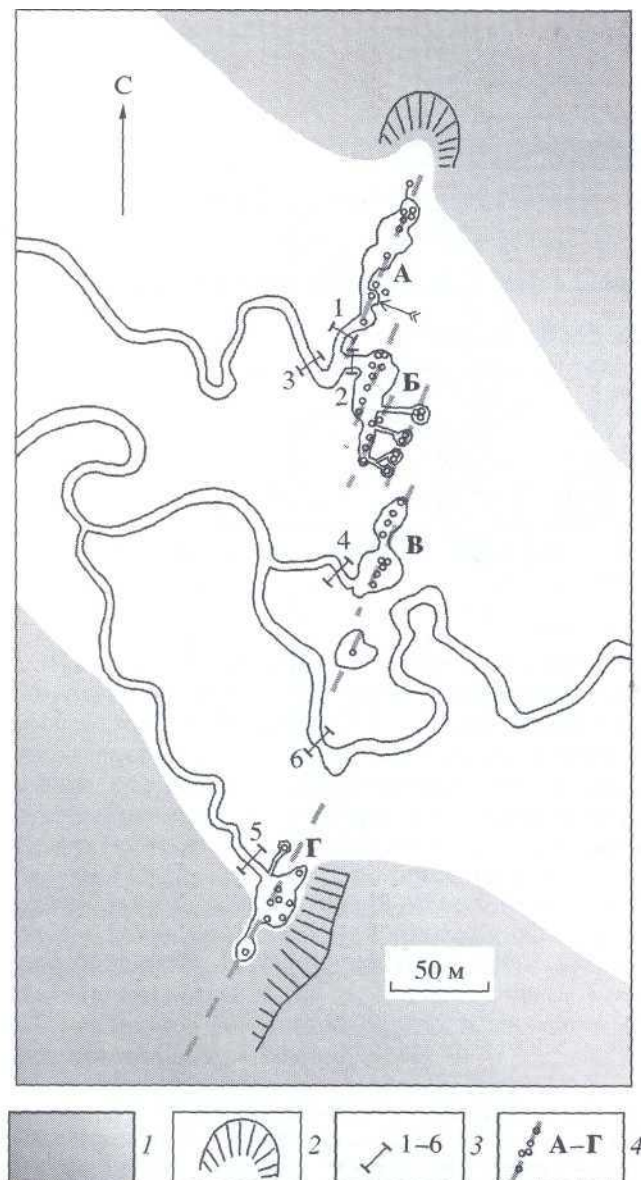


Рис. 2. Схема участка разгрузки Право-Кедровых источников: 1 - борта долины реки; 2 - обрывы в бортах, сформировавшиеся на участке разгрузки; 3 - створы, на которых измерялся расход воды; 4 - основные источники и линии, вдоль которых они группируются. А-Г - обособленные группы источников (см. описание в тексте). Стрелкой указано место отбора пробы воды на химический анализ.

ронках). В южной части из озера вытекает ручей, который имеет ширину 3 м, глубину 20 см и дебит 200 л/с (рис. 3). Северным краем озеро врезается в борт долины реки, где сформирован воронкообразный цирк диаметром по краю 40 м и высотой бортов 20 м. Наиболее крупные источники располагаются в озере на дне воронок, заполненных светло-серым песком. Песок под действием восходящего потока воды либо бурлит, либо непрерывно колышется, набегая на края воронок, подобно

песку на морских пляжах. Он состоит почти исключительно из окатанных обломков вулканического стекла, которые вымываются из слагающих борта и дно долины реки пемзовых туфов, имеющих рюдацитовый состав. Общее количество источников в этой группе точно оценить сложно. По-видимому, их не менее пятнадцати. Пять источников вскрываются на дне воронок диаметром более 1 м, а в центре, на расстоянии 20 м друг от друга, расположены два самых крупных котла этой группы, имеющих размеры - 3 x 4 м и 1.5 x 2 м.

Группа Б расположена южнее группы А. Большинство источников здесь также разгружается на дне озера, вытянутого в субмеридиональном направлении. Источники образуют как бы три цепочки, вытянутые в том же направлении 20°ССВ. Кроме источников в озере, несколько ключей расположено восточнее озера, на полянах. Эти ключи также располагаются в воронках, заполненных водой (рис. 4). Диаметр воронок - от 1 до 3-4 м. Вода из этих воронок стекает в озеро. Всего на этом участке насчитывается более 20 активно бурлящих мест. При этом поле песков, заполняющих воронки в центре самой расширенной части озера, имеет размер 4 x 8 м, и в нем не выделяется отдельных бурлящих центров - весь песок вибрирует, наступает и отступает по краям, как бы "дышит". Вся вода от источников этой группы собирается в один ручей с дебитом 370 л/с.

Группа В расположена еще южнее, вблизи реки. Источники этой группы также вскрываются на дне озер. Одно из озер, расположенное севернее, имеет вид восьмерки и отдельный сток в реку. Все источники здесь расположены в центре озера и имеют вид ванн, заполненных бурлящим или слегка шевелящимся, перемываемым песком (рис. 4). Наиболее крупная ванна имеет размер 5 x 10 м. Озера имеют значительную глубину - до 5 м. Количество источников здесь также оценить очень трудно. Крупных песчаных ванн, в которых восходящие струи воды перемывают песок, здесь семь, мелких выходов - несколько десятков. Расход удалось измерить только для части источников, расположенных в северном озере, имеющем вид восьмерки. Он составил около 330 л/с. У нескольких источников, расположенных южнее, расход не удалось измерить.

Группа Г (южная) - расположена около южного борта долины. Источники бьют из-под склона и на дне небольшого (20 x 30 м) озерка, расположенного у подножия обрыва, ориентированного поперек долины. Простирается обрыва - 20°ССВ. Формирование его связано, по-видимому, с проходящим здесь крупным субмеридиональным разрывом. В самой южной части этого участка, на склоне, образован провал - воронка диаметром 5 м и глубиной 3 м. Провал свежий, стенки отвесные,



Рис. 3. Общий вид участка разгрузки Право-Кедровых источников. Справа от палатки находится группа А, слева группа Б. Виден ручей, который начинается от этих двух групп. Вид с востока на запад.

надле его расположена небольшая лужица. Всего на данном участке насчитывается восемь ключей, но вода вытекает также повсюду из-под делювия у подножия описанного поперечного обрыва. Ключи выливаются полосой с простираем 20° ССВ (рис. 2). Вся вода из источников этой группы собирается в ручей с дебитом 440 л/с.

Приведенные данные показывают, что общий расход всех групп источников в данном месте превышает 1340 л/с. Нами был определен также расход воды в реке, он оказался равен примерно 1270 л/с. То есть расход реки и дебит источников, выходящих в данном месте, приблизительно равны, и можно говорить, что здесь из-под земли вытекает целая новая река.

Необходимо отметить также, что в местах выхода источников на поверхность отсутствуют какие-либо отложения типа травертинов или охристых налетов на камнях, отсутствуют здесь и водоросли, характерные "спутники" очагов разгрузки термальных и минеральных вод Камчатки.

Химический состав вод источников. Данные таблицы 2 позволяют провести сравнительный анализ химического состава воды изученных нами источников с химическим составом других холодноводных источников района и метеорных осадков [1,4]. Воды источников р. Правая Кедровая слабощелочные, сульфатно-гидрокарбонатные с преобладанием в катионной части Na и Ca. Общая минерализация составляет около 118 мг/л. Грунтовые источники (№3,4,5) относятся к тому же химическому типу, что и вода источников реки

Правая Кедровая, причем по концентрации главных компонентов источники очень близки. Лишь источник № 5 отличается более высоким содержанием кремниевой кислоты и температурой, равной 11° . Источник расположен в зоне ареала рассеяния гидротерм Академии Наук [1, 2]. Таким образом, анализ данных показывает, что вода источников р. Правая Кедровая по гидрохимическим характеристикам соответствует грунтовым водам района.

Закключение. Описанные источники представляют интерес с разных позиций. Во-первых, они являются ярким примером мощной разгрузки, происходящей в зоне молодого, позднеплейстоценового разлома. Источники располагаются у северного окончания разлома и образуют ряд групп, цепочек, расположенных кулисообразно друг относительно друга. Отдельные группы источников вытянуты в направлении 20° ССВ, а вся полоса источников - в направлении 10° ССВ. Очевидно, что расположение источников здесь определяют трещины, на которые расщепляется разлом около своего окончания. Подобное расщепление разломов и формирование на их окончаниях эшелонированных структур или структур типа "конского хвоста" хорошо известно (например, [5]), и в данном случае рисунок трещин, обнаруживаемый по расположению источников, наглядно показывает еще один такой пример.

Во-вторых, описанные источники примечательны количеством изливающейся воды. По дебиту они относятся, по-видимому, к одним из самых крупных на Камчатке. По нашим замерам расход

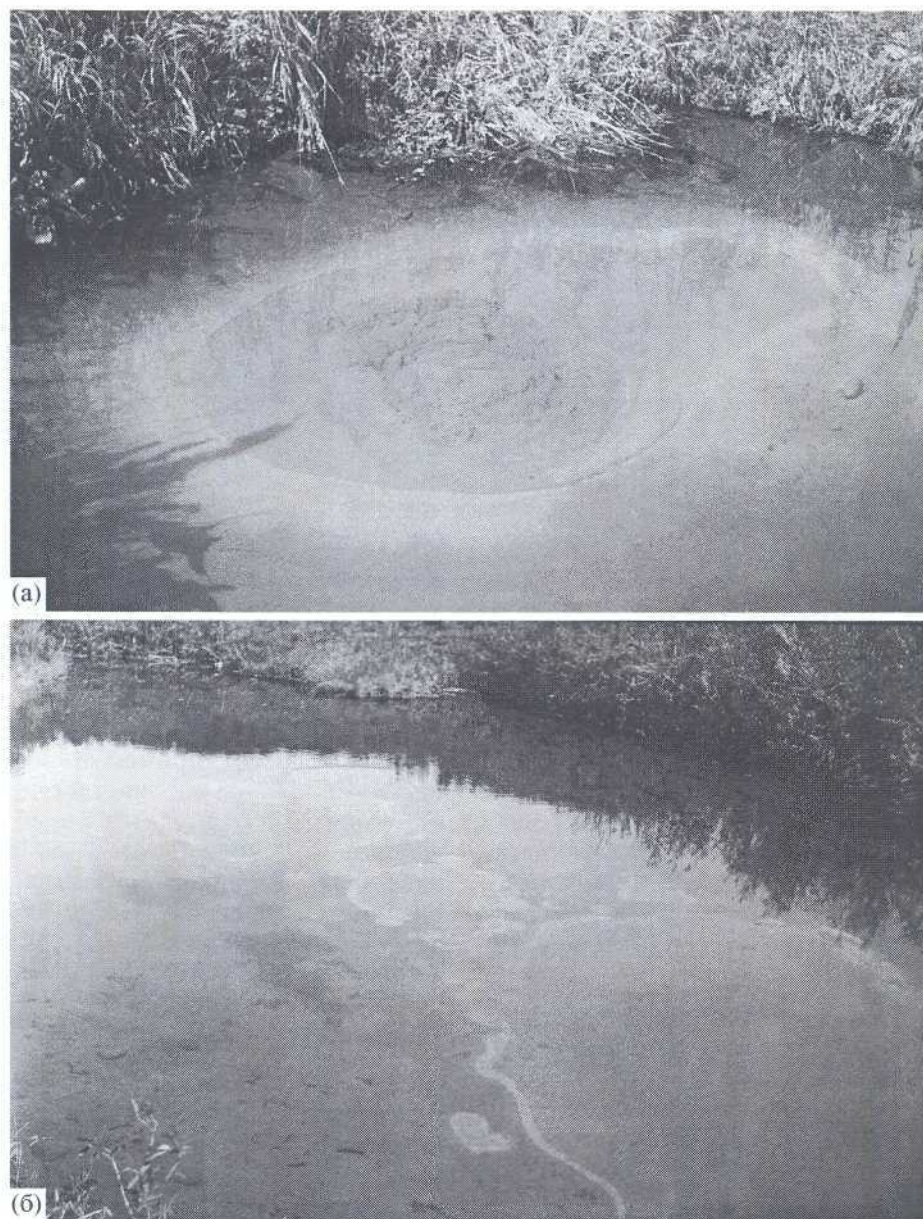


Рис. 4. Типичные источники: *а* - активно бурлящий источник (группа Б), *б* — цепочка бурлящих песчаных ванн (группа В).

воды в них превышает 1340 л/с. По материалам Ольховой гидрогеологической партии (Отчет..., 1993) самыми большими по дебиту источниками на площади, исследованной партией в 1989-1991 гг., были нисходящие источники, вытекавшие из под лавовых потоков на северных склонах вулкана Жупановского - до 1200-1300 л/с. Суммарный дебит источников, отмеченных на рассматриваемом в настоящем сообщении участке р. Правой Кедровой, по данным той же партии, составлял 705 л/с. Расхождения в оценках дебита (по нашим замерам он получается почти в два раза больше) могут быть связаны как с тем,

что описанные нами источники обследованы более полно, так и с тем, что дебит источников мог увеличиться после сильного землетрясения и активизации вулканической деятельности в Карымском центре в 1996 г. [6]. Например, дебит Гнилой протоки, расположенной в Карымской кальдере, после извержения 1996 г. увеличился со 170 до 530 л/с, при этом вдоль протоки возникли многочисленные новые грифоны, и дебит воды с температурой 42-44 °С увеличился с 30 до 245 л/с Г21

Связь описанных источников с Карымской геотермальной системой проблематична. Химичес-

Таблица 2. Химический состав воды источников р. Правая Кедровая и некоторых других водопроявлений района, мг/л

№	T, °C	pH	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	H ₄ SiO ₄	H ₃ BO ₃	ΣM
1	5.5	7.7	1.2	8.2	5.6	1.7	4.3	11.5	34.2	51	0.6	118.3
2	0	6.8	0.4	1.0	0.4	0.0	2.0	5.0	10.0	3	0.0	21.8
3	1.5	6.7	1.1	3.0	3.2	1.0	2.1	4.8	30.2	41	1.0	87.4
4	3	6.4	0.8	6.3	1.6	0.1	0.0	6.9	21.0	50	0.0	86.7
5	11	7.5	0.6	9.1	3.0	1.9	3.5	15.4	30.2	84	<0.7	147.7

Примечание. 1 - источник р. Правая Кедровая; 2-3 - снежник (2) и грунтовый источник (3) кальдеры Карымская (юго-восточное подножие внутреннего борта); 4 - ручей, стекающий в оз. Карымское (западный берег); 5 - грунтовый источник на западном берегу оз. Карымское. Проба 1 - отобрана авторами, аналитик А.А.Смышляева (Институт вулканологии ДВО РАН); 2, 3 - из [4]; 4, 5 - из [1]. Даты отбора: 1 - август 2002 г., 2, 3 - июль 1984 г., 4, 5 - июнь 1984 г.

кий состав изливающейся здесь воды соответствует составу грунтовых вод района (табл. 2). В то же время присутствие кремниевой и борной кислот не исключает того, что на состав вод оказывает влияние и глубинный подток термальных вод. Об этом же может свидетельствовать несколько повышенная, относительно фоновой, температура воды в источниках - до 6.5°C (Отчет..., 1993).

Для выяснения условий распространения подземных вод на западных склонах Карымского вулканического центра, их связи с Карымской геотермальной системой следует провести площадное опробование всех источников в долинах рек Кедровой, Правой Кедровой и между ними. Весь этот район разбит многочисленными позднеплейстоценовыми и голоценовыми разломами, образующими широкую грабенообразную структуру, и, по-видимому, повсеместно, где разломы пересекают долины рек, располагаются восходящие источники. Описанная в статье группа ключей явно здесь не единственная. Достоверные сведения об условиях разгрузки вод на данной территории можно будет получить, опробовав все или большую часть источников, изучив состав их вод, а также состав связанных с ними газов. Для этого нужны дополнительные исследования.

Работа выполнена по личной инициативе авторов. Данные о результатах работ Ольховой гидрогеологической партии были любезно предоставлены А.Г. Николаевой. Химический анализ воды был выполнен м.н.с. А.А. Смышляевой. Написанию статьи способствовали поддержка и консультации В.И. Белоусова, Т.П. Кирсановой и особенно Г.Ф. Пилипенко, которая помогла в составлении табл. 2 и в напи-

сании раздела о химическом составе вод. Всем перечисленным коллегам авторы выражают свою признательность и благодарят за оказанную помощь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин Е.А., Пилипенко Г.Ф. Гидротермы Карымского озера после подводного извержения 1996 г. // Вулканология и сейсмология. 1998. № 2. С. 3-27.
2. Вакин Е.А., Пилипенко Г.Ф. Катастрофическая деформация и последующая эволюция высокотемпературной геотермальной системы, как результат фреато-магматического извержения в Карымском кальдерном озере // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2001. С. 274-299.
3. Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). М.: Наука, 1980. 300 с.
4. Пилипенко Г.Ф. Гидротермы Карымского вулканического центра на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1989. № 6. С. 85-101.
5. Стоянов С.С. Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра, 1977. 144 с.
6. Федотов С.А. Об извержениях в кальдере Академии Наук и Карымского вулкана на Камчатке в 1996 г., их изучении и механизме // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 3-37.
7. Флоренский И.В., Трифонов В.Г. Новейшая тектоника и вулканизм Восточной вулканической зоны Камчатки//Геотектоника. 1985. №4. С. 78-87.

**The Discharge of High-Flow-Rate Cold Springs
in the Pravaya Kedrovaya R. Basin, Karymskii Volcanic Center, Kamchatka**

V. L. Leonov, D. V. Kobrenkov

Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia

This paper reports data on the geological structural setting and discharge behavior of high-discharge cold ascension springs situated in the western part of the Karymskii Volcanic Center, Kamchatka. We give a detailed map of the discharge area, data on the discharge rate and chemical composition of the water. A possible relation of the springs to the Karymskii geothermal system is discussed.