

УДК 551.11.4(571.531.55)

## ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНАЯ “ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ” НА ЗАПАДЕ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА (ОЛЬХОНСКИЙ РЕГИОН)

© 2004 г. Член-корреспондент РАН Е. В. Скляр, В. С. Федоровский, Н. В. Кулагина,  
О. А. Склярова, Т. М. Сквитина

Поступило 08.12.2003 г.

Остров Ольхон и примыкающая с юго-запада “материковая” территория, известная как Приольхонье, традиционно полны географическими и геологическими парадоксами. Само по себе существование на побережье Байкала (среднегодовая норма осадков в регионе 240–400 мм/год) участка степной территории с семиаридным климатом является парадоксальным, а во многом и уникальным. Прекрасная обнаженность, чрезвычайно интересная и разнообразная геология, легкая доступность территории уже давно привели к тому, что Ольхонский регион стал своеобразной Меккой для российских и зарубежных геологов. И вместе с тем, несмотря на более чем столетнюю историю изучения этой сравнительно небольшой и великолепно “отпрепарированной” территории, в последние годы с удивительным постоянством здесь обнаруживаются геологические черты, которые либо являются уникальными, либо позволяют обосновать новые модели и механизмы, применяемые впоследствии на других геологических объектах, а нередко и “взрывают” или деформируют казавшуюся уже ясной саму региональную геологическую парадигму. Раннепалеозойский возраст образований [1], традиционно и, казалось бы, неизбежно прежде считавшихся раннедокембрийскими, серия новых Ti–Cr–V-минеральных видов [3], механизм интерференции пластических деформаций [11], мраморный меланж [12], синметаморфические базитовые дайки [9], метаморфический минглинг [13] – вот далеко не полный перечень наиболее значимых геологических находок.

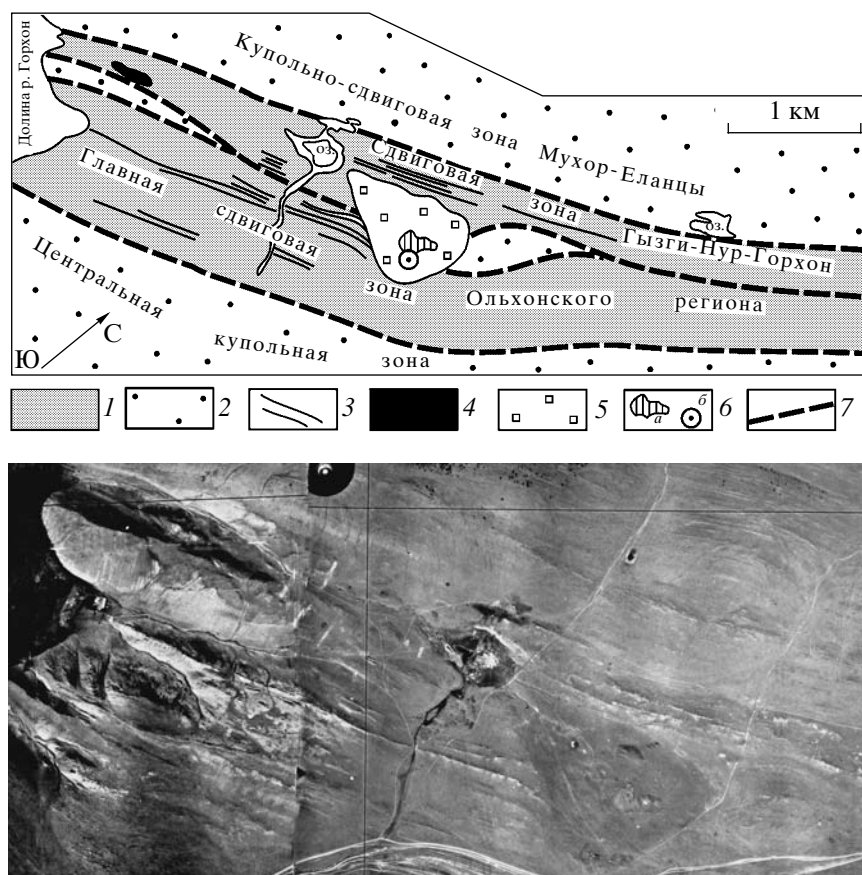
К числу последних мы относим и обнаруженные в 2003 г. кайнозойские гейзериты – плотные тонкокристаллические кремнистые породы. По-

жалуй, “обнаружены” – не совсем корректное определение, поскольку крупные развалы коричневых массивных кремнистых пород известны здесь давно. Парадоксальность ситуации состоит в том, что геологам, изучающим кристаллический фундамент, кремнистые породы были неинтересны в силу явной принадлежности к молодой эпохе геологического развития. Специалисты же, изучающие проблемы кайнозойской геологии, рассматривали массивные кремнистые образования как принадлежность докайнозойского фундамента наряду с древними кварцитами, также достаточно распространенными на территории. Это и привело к тому, что кремнистые породы лишь упоминаются в картировочных отчетах как малозначимый атрибут региональной геологии.

Гейзериты представляют собой плотные опаловидные породы, сложенные халцедоном, возможно, с опалом, разных оттенков коричневого, реже белесовато-белого цвета. Микроскопически в них можно наблюдать тонко-мелкокристаллические агрегаты кварца, нередко со сфероидальной структурой, с небольшими содержаниями карбоната, гидроксидов железа и ярозита. Обогащенные железом участки часто пронизаны прожилками тонкозернистого халцедона. Обычными являются разноразмерные фрагменты интенсивно измененных пород фундамента.

В большинстве случаев гейзериты представлены элювиальными крупноглыбовыми развалами, компактно расположенными на площади в первые десятки метров, реже до 100–150 м. Глыбы размером от десятков сантиметров до первых метров, как правило, практически не окатаны, однако их микроповерхность производит впечатление оплавленной за счет процессов поверхностного растворения. Весьма характерна ноздреватость, обусловленная выщелачиванием фрагментов силикатов и карбонатов в халцедоновом матрикс. Иногда одна из сторон глыб покрыта карбонатной коркой мощностью до сантиметра. Более мелкие обломки гейзеритов также встречаются, но в небольших количествах. Последнее, вероятно, обусловлено тем, что породы очень крепкие, твердые и “вязкие” (отбить образец очень непросто). В двух случаях в крупноглыбовых развалах

*Институт земной коры  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Иркутск  
Геологический институт  
Российской Академии наук, Москва  
Объединенный институт геохимии и геологии  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Иркутск*



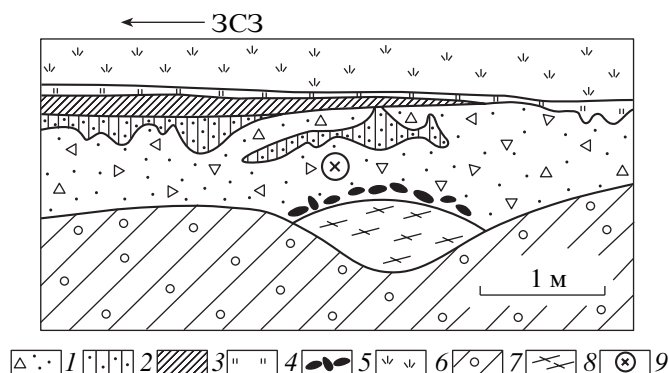
**Рис. 1.** Геологическая схема и аэрофотоснимок участка Красная Горка. 1, 2 – раннепалеозойские метаморфиты: 1 – силикатно-карбонатные гнейсы, мраморы, кварциты, 2 – раннепалеозойские мигматиты, гнейсы, гранито-гнейсы; 3 – структурные линии; 4 – гипербазиты; 5 – позднечетвертичные красноцветные супеси; 6 – гейзериты (а), местоположение искусственной выработки, разрез которой показан на рис. 2 (б); 7 – кайнозойские разломы, наследующие раннепалеозойские сдвиговые швы.

вместе с гейзеритами встречены породы, сложенные преимущественно гидроксидами железа и марганца. В коренных выходах разных участков обнаружено налегание гейзеритов на ультрабазиты, мраморы и гнейсы с жилами гранитов. В последнем случае видно, что в “подстилающих” крупнозернистых гранитах зоны контакта (1–2 м) халцедон замещает только выделения первичного кварца.

Наиболее крупный коренной выход гейзеритов расположен на вершине небольшого холма (Красная Горка) у дороги Еланцы-МРС (рис. 2). Здесь обнажаются интенсивно переработанные ультрабазиты, наиболее сохранившиеся фрагменты которых представляют собой крупнозернистые тремолититы с шестоватыми псевдоморфозами гидроксидов железа по пироксенам. Преобладающая же часть коренного выхода представлена породами, сложенными халцедоном и гидроксидами железа, в которых тремолит, фуксит и киммерит встречаются в виде отдельных выделений или их агрегатов. Характер выделений (крупные кри-

сталлы или “чечевицы”) тремолита и фуксита позволяет предполагать их равновесность с халцедоновым матриксом. В некоторых участках измененные ультрабазиты пронизаны штокверком прожилков шестоватого арагонита, мощностью до 2 см, которые тоже, вероятно, формировались вместе с халцедоном.

Выходы измененных ультрабазитов и налегающих на них гейзеритов ограничены вершинной частью холма (диаметр 80–120 м). Однако на аэрофотоснимке (рис. 1) отчетливо выделяется темное пятно значительно больших размеров. Последнее обусловлено тем, что верхний слой рыхлых отложений здесь представлен ожелезненными супесями, часто щебнистыми, красновато-коричневого цвета. Соотношение гейзеритов с этими осадками можно наблюдать на юго-восточном склоне холма в борту бульдозерной зачистки (рис. 2). В нижней части стенки виден коренной выход гнейсов. В перекрывающем “слое” мощностью 20–30 см супеси насыщены неокатанными обломками амфиболитов. Рыхлые отложе-



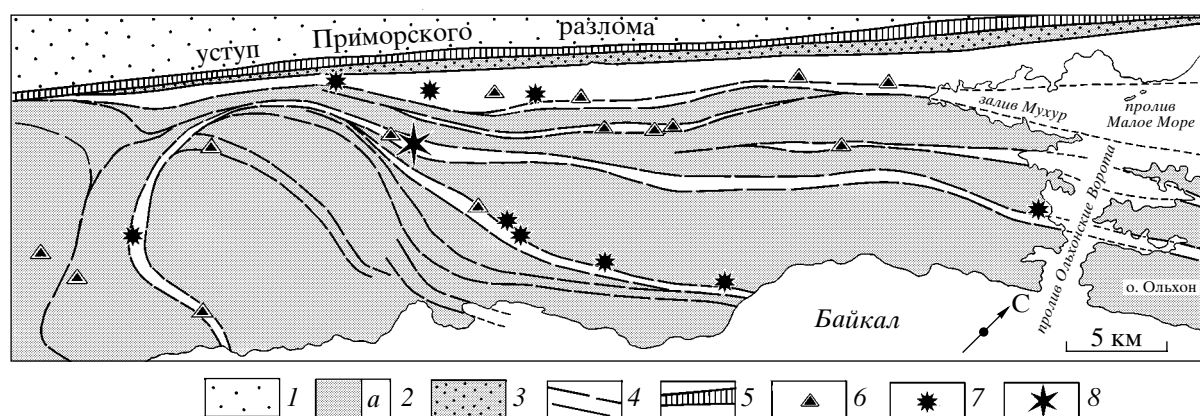
**Рис. 2.** Разрез четвертичных отложений на юго-восточном склоне Красной Горки (зарисовка с фотографии). 1 – серовато-голубые щебнистые супеси; 2 – красновато-коричневые щебнистые супеси; 3 – гейзериты; 4 – бурый почвенный слой; 5 – обломки амфиболитов; 6 – поверхность; 7 – делювий; 8 – гранито-гнейсы; 9 – место отбора пробы.

ния выше по разрезу (около 1 м) представлены щебнистыми супесями голубовато-серого цвета. В их верхней части супеси приобретают красно-коричневый цвет, причем их мощность очень не выдержана, вплоть до полного выклинивания (рис. 2). На супеси лежат гейзериты, перекрываемые в свою очередь почвенно-растительным слоем. Несмотря на некоторую “взломанность” кремнистого слоя мощностью 5–20 см, не вызывает сомнения то, что гейзериты не являются делювиальными обломками, а действительно перекрывают рыхлые отложения. В пользу этого свидетельствуют отчетливо проявленная конформная контакту полосчатость в гейзеритах, закономерное уменьшение их мощности вплоть до полного выклинивания в сторону от холма и полное отсутствие фрагментов кремнистых пород в нижележащих рыхлых

отложениях. Из голубовато-серых щебнистых супесей была отобрана проба для палинологического анализа. Результаты анализа (табл. 1) показали, что спорово-пыльцевой спектр соответствует растительности лесостепной зоны, близкой к современной. Возраст осадков не может быть древнее верхнего плейстоцена, так как в них отсутствует пыльца экзотических хвойных и термофильной флоры.

Как уже упоминалось выше, коренные и элювиальные выходы гейзеритов отличаются компактностью. В то же время эти выходы группируются в протяженные узкие зоны (рис. 3), отчетливо обнаруживающие связь с раннепалеозойской и кайнозойской тектоникой. Эти зоны конформны главной сутуре региона – Приморскому разлому и многочисленным линейным blastomylonitic швам север-северо-восточного простирания. Последние фиксируют заключительные стадии раннепалеозойского коллизионного орогена и соответствуют сдвигам, главным образом правосторонним [2]. При заложении и развитии Байкальской рифтовой зоны по этим швам развивались унаследованные разломы сдвиговой и сбросовой природы [10]. Таким образом, изливания гидротерм контролировались унаследованными разломами север-северо-восточного простирания, связанными с эволюцией Байкальского рифта.

Отложение кремнистых минералов современными термальными водами описано в нескольких местах Байкальской рифтовой зоны [7]. Непосредственно на побережье Байкала новообразование аморфного кремнезема происходит в районе термальных источников Кулиных болот, расположенных на узком перешейке между Баргузинским и Чивыркуйским заливами оз. Байкал [4]. Изучение современного гидротермального минералообразования в термальных источниках Восточной Сибири



**Рис. 3.** Схема распространения гейзеритов в Приольхонье. 1 – Сибирский кратон; 2 – раннепалеозойский коллизионный комплекс, в том числе зоны с участием гипербазитов (а); 3 – раннепалеозойский коллизионный шов; 4 – унаследованные кайнозойские разломы; 5 – современный Приморский разлом; 6 – современные родники; 7 – гейзериты; 8 – гейзериты Красной Горки (рис. 1, 2).

**Таблица 1.** Результаты спорово-пыльцевого анализа щербнистых супесей района Красной Горки (место отбора пробы показано на рис. 1, 2)

Пыльца и споры	Число подсчитанных зерен	% от общ. числа зерен
Пыльца деревьев и кустарников:	881	80
<i>Abies sibirica</i>	7	1
<i>Picea obovata</i>	30	3
<i>Larix</i>	1	<1
<i>Pinus sibirica</i>	110	10
<i>P. sylvestris</i>	600	54
<i>Betula sec. Albae</i>	110	10
Кустарники	23	2
Пыльца трав:	189	17
Caryophyllaceae	11	1
Asteraceae	21	2
<i>Artemisia</i>	110	10
Poaceae	30	3
Прочие травы	17	2
Споры:	35	3
Bryales	10	1
<i>Lycopodium</i>	4	<1
<i>Selaginella sibirica</i>	10	1
<i>S. sanguinolenta</i>	10	1
<i>Botrychium</i>	1	<1
Всего	1085	100

Примечание. В таблице не приведены единичные находки.

позволило Б.И. Писарскому [7] сделать вывод о том, что при температуре изливаемых вод выше 75°C отлагаются гейзериты, а при более низких температурах – травертины. Последнее обусловлено, видимо, тем, что с ростом температуры подземных вод увеличивается растворимость кремнезема из силикатных минералов, что подтверждается высокими содержаниями SiO<sub>2</sub> (более 100 мг/кг) в термальных водах Камчатки, Исландии, рифтовых зон Африки и Азии, достигая в некоторых гейзерах значений 1 г/кг [6]. При этом геохимический тип и уровень минерализации воды имеют гораздо меньшее значение на насыщение растворов SiO<sub>2</sub> [8]. Резкое охлаждение богатых кремнеземом термальных вод приводит к его осаждению на ограниченной площади выхода вод на поверхность, что мы и наблюдаем в Приольхонье.

Авторы сознательно использовали гиперболу в названии статьи, говоря о гейзерах. Анализ характера излияния термальных вод показывает, что высокодебитные выходы гидротерм характерны только для областей современного актив-

ного вулканизма (Камчатка, Исландия и другие регионы). Для современных внутриконтинентальных рифтовых зон термальные источники также являются весьма обычными. Так, в Байкальской рифтовой зоне, кроме упоминавшихся Кулиных болот, известны выходы сероводородно-азотных терм Шаргалут ( $T$  85–92°C), Ципинских метаново-азотных терм ( $T > 75^\circ\text{C}$ ), азотных терм Аллинского участка ( $T > 75^\circ\text{C}$ ) и др. [7]. Однако излияния подземных вод имеют гораздо более спокойный характер. Важно то, что присутствие гейзеритов в Приольхонье однозначно свидетельствует о наличии термальных источников в позднем плейстоцене–голоцене. В пределах Приольхонья известно более 10 современных родников (рис. 3), пространственное положение которых контролируется современными унаследованными разломами север-северо-восточного простирания [10]. Однако во всех случаях отмечаются холодные ( $T = 4\text{--}8^\circ\text{C}$ ) воды метеорного происхождения. Единственный описанный на западном побережье Байкала термальный источник (Котельниковские гидротермы) расположен близко к северному окончанию Байкала [4]. Таким образом, можно говорить о смене гидрогеологического режима от позднего плейстоцена до настоящего времени. Тектонические события, предшествующие этому временному интервалу, характеризуются максимальными вертикальными смещениями при образовании котловины Байкальского рифта [5]. Резкое воздымание западного плеча рифта сопровождалось одновременным опусканием дна Байкала. Видимо, активный тектогенез способствовал глубокому проникновению разломов в бортах рифта и излиянию глубинных гидротермальных вод на поверхность, фиксируемому гейзеритами. Пространственное совмещение зон гейзеритов и современных родников (рис. 3) свидетельствует об унаследованности современными выходами подземных вод более древней гидрогеологической системы.

Авторы выражают благодарность А.А. Коневу за содействие в петрографическом изучении гейзеритов.

Исследования проводились при поддержке РФФИ (проекты 01–05–97237, 01–05–64012, 02–05–64481, 02–05–64182, 03–05–64393, 04–05–64801).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибикина Е.В., Карпенко С.Ф., Сумин Л.В. и др. Геология и геохронология Сибирской платформы и прилегающих областей. Л.: Наука, 1990. С. 170–183.
2. Добржинская Л.Ф., Молчанова Т.В., Сонюшкин В.Е. и др. // Геотектоника. 1992. № 2. С. 58–71.

3. Минералогия Восточной Сибири на пороге XXI века (новые и редкие минералы) / Под ред. Конева А.А. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 239 с.
4. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1974. 166 с.
5. Мац В.Д., Уфимцев Г.В., Мандельбаум М.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: строение и геологическая история. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 251 с.
6. Основы гидрогеологии / Под ред. С.Л. Шварцева. Новосибирск: Наука, 1982. Т. 2. Гидрогеохимия. 286 с.
7. Писарский Б.И. Закономерности формирования подземного стока бассейна оз. Байкал. Новосибирск: Наука, 1987. 157 с.
8. Рыженко Б.Н., Крайнов С.Р. // Геохимия. 2003. № 9. С. 1002–1024.
9. Скляров Е.В., Федоровский В.С., Гладкочуб Д.П., Владимиров А.Г. // ДАН. 2001. Т. 381. № 4. С. 522–527.
10. Склярова О.А., Скляров Е.В., Федоровский В.С. // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 8. С. 732–755.
11. Федоровский В.С. В сб.: Материалы XXXI Тектонического совещания. М., 1999. Т. 2. С. 229–231.
12. Федоровский В.С., Добржинецкая Л.Ф., Молчанова Т.В., Лихачев А.Б. // Геотектоника. 1993. № 4. С. 30–45.
13. Федоровский В.С., Хромых С.В., Сухоруков В.П. и др. Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Материалы XXXVI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2003. Т. 2. С. 255–259.