

УДК 551.23 (571.66)

НОВЫЙ ГЕЙЗЕР В КРОНОЦКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ. ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Карпов Г.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,

Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: karpovga@kscnet.ru

Аннотация

В статье дается первая информация о гейзере «Шалый», появившемся в кальдере Узон в сентябре 2008 г. Приводятся данные о его местоположении, морфологии грифона и канала гейзера, температурной характеристике и режиме деятельности, минеральным отложениям, составе воды, структурно-тектонической позиции и причинах возникновения.

Введение

Без преувеличения к событиям крупного масштаба можно отнести внезапное появление великолепного гейзера в кальдере Узон на территории Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника на Камчатке. Конечно, он был сразу же замечен. Характерно, что как гейзеры во всемирно известной Долине Гейзеров открыла геолог Заповедника Т.И. Устинова в 1941 г., так и новый гейзер открыл сотрудник Заповедника – инспектор Роберт Чуприн. Самое интересное, что он фактически заметил его рождение. В сентябре 2008 г. на месте округлого, $D \sim 1,5$ м бессточного источника с пульсирующим режимом, где уровень воды поднимался и опускался на 2–5 см, стал периодически выбрасываться фонтанчик воды и пара на высоту 1–1,5 м. Выбросы были очень кратковременными, существенно паровыми, и содержали много частиц породы – грязи. Характерно, что в первый период работы гейзера его воронкообразный грифон после извержения полностью осушался, т.е. обнажалось устье канала гейзера. Инспектор сразу же сообщил об этом явлении дирекции Заповедника и в Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. К сожалению, надвигалась зима и вылететь на Узон для исследования гейзера не удалось. 11 января 2009г автором была отправлена официальная записка в Дирекцию Кроноцкого заповедника с комментариями по поводу открытия гейзера. В начале лета 2009 г. гейзер уже работал достаточно мощно, выбрасывая струю воды и пара на высоту до 4–7 м.

17–18 июля и 28 июля 2009 г. нам удалось побывать на Узоне и хронометрировать работу гейзера, которому мы дали название «Шаман», так как именно благодаря запрету местных шаманов эти места долгое время не посещались людьми.

Местоположение гейзера

Грифон гейзера расположен в северо-северо-западном секторе Первого участка Восточного термального поля кальдеры Узон, примерно в 200 м к западу от крупного озера Банное и в 50 м к востоку от группы источников Парящий Сапожок. Он находится близ основания невысокого бугра, имеющего общую ССВ ориентировку (рис. 1). Бугор сложен измененными обохренными алевро-псаммитовыми и псефитовыми туфами. В северном секторе бугра отмечены два крупных останца плиты, представляющей собой опализированные гравелиты темного цвета. На поверхности бугра встречаются изометричные обломки кавернозного гейзерита светло-серого цвета. Характерно, что грифон гейзера нахо-



Рис. 1. Общий вид гейзера Шаман (кальдера Узон, Камчатка).

дится на линии субмеридионального простирания, хорошо трассирующей к югу от грифона серией мелких провалов и бессточных воронок на соседнем бугре и в створе русла ручья Веселого на этом участке. На самом бугре, сложенном теми же туфами, отмечены многочисленные крупные остроугольные обломки опализированных туфов белого цвета. Здесь же наблюдаются высыпки серы. В северном секторе самого грифона гейзера хорошо видны трещины субширотного и субмеридионального простирания. По всей видимости, канал гейзера заложился на пересечении этих трещинных зон.

С запада грифон гейзера обтекает ручей от источника Молочный (Вертолетный), а с востока – ручей Каскадный, в котором есть грифон с пульсирующим режимом истечения воды. В южном обрамлении грифона, на расстоянии первых метров от него, на площади 16x17 м располагаются до 20 мелких воронок и парящих площадок с водой, имеющей температуру 60,5–84,5°C.

Морфология грифона и канала гейзера

Грифон гейзера в самом начале имел округлую форму, но ко времени наших наблюдений приобрел изометричные очертания, с размером 4,5 × 6 м. Удлинение имеет субмеридиональную направленность. Северный борт грифона крутой. Четко просматриваются два уровня положения воды, фиксирующихся кольцевыми террасками. Верхний уровень отражает положение воды при полном заполнении грифона. Нижний, уступом порядка 0,4 м, отмечает самый низкий уровень воды после извержения. Устье канала гейзера обнажается очень редко, и имеет слегка овальную форму и размер 25 × 30 см. Канал несколько смещен

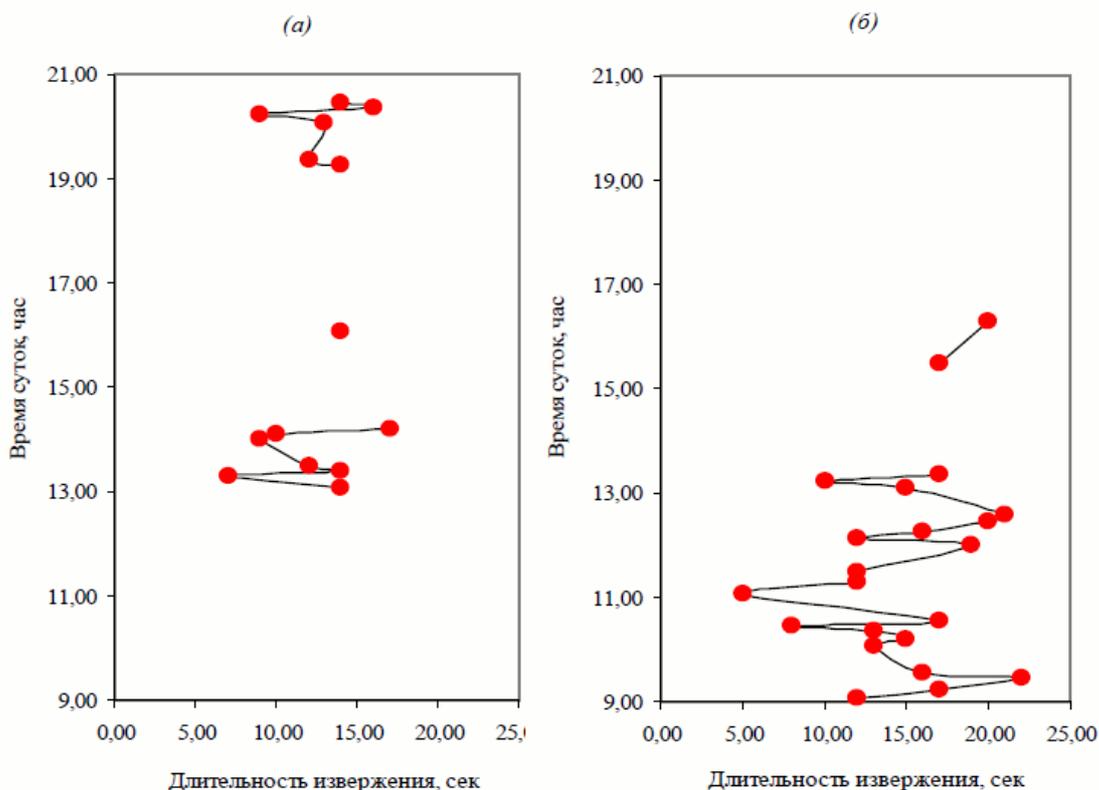


Рис. 2. Режим извержения гейзера Шаман в течение 17 (а) и 18 (б) июля 2009 г.

от центра грифона к северу. Он промерен нами штангой до глубины 1,85 м, и идет вертикально. Глубже сильно сужается. В 3 м к югу от воронки гейзера, в зоне ручья из него, последний размыл породу и образовались крутостенные промоины, глубиной до 40 см. Ручей от гейзера извилистый, в истоке мало проработанный.

Температурная характеристика и режим деятельности гейзера

а. Методика измерения температуры. Измерения проводились сначала визуально, с использованием термощупа длиной 1 м, а затем с применением специализированных датчиков температуры, помещаемых в исследованную систему на определенную фиксированную глубину. В датчиках устанавливался режим автоматической регистрации температуры через определенный промежуток времени (в канале гейзера – через 2 сек). Сами датчики помещались в пластиковые перфорированные контейнеры, которые посредством штырей крепились в грунте на определенной глубине (в канале гейзера – на глубине 0,5 м). Параллельно аналогичными датчиками проводилось измерение температуры воздуха (с шагом 5 мин) на высоте 1 м от земли.

б. Результаты температурных наблюдений и режим деятельности гейзер. Нами, в июле 2009 г., были выполнены два цикла наблюдений. Первый, 17–18 июля 2009 г., включал визуальные наблюдения – хронометрирование секундомером и измерения температуры термощупом «термометр контактный ТК-5,05».

В это время молодой гейзер имел все четыре характерных периода активности: 1. Период ухода воды в канал до минимального уровня; 2. Подъем воды и заполнение грифона

до уровня перелива в ручей; 3. Период бурного кипения и начала перелива воды в ручей; 4. Извержение, с выбросом паро-водяной смеси (нередко с грязью) на высоту более 4–6 м. Но деятельность этого гейзера отличалась некоторыми особенностями. После завершения периода извержения уровень воды в грифоне обычно быстро падал на 0,5 м (с характерным воронкообразным уходом воды в канал). До минимального уровня вода уходила обычно за 1,5 мин. Достигнув минимума, уровень стабилизировался. В это время нет бурления воды и ее поверхность спокойна. Из одной-двух точек нередко пробулькивают мелкие пузырьки газа. Этот период длится от 45 сек до 2 мин. Затем происходит небольшой всплеск над выводным каналом и начинается быстрый подъем воды и заполнение грифона.

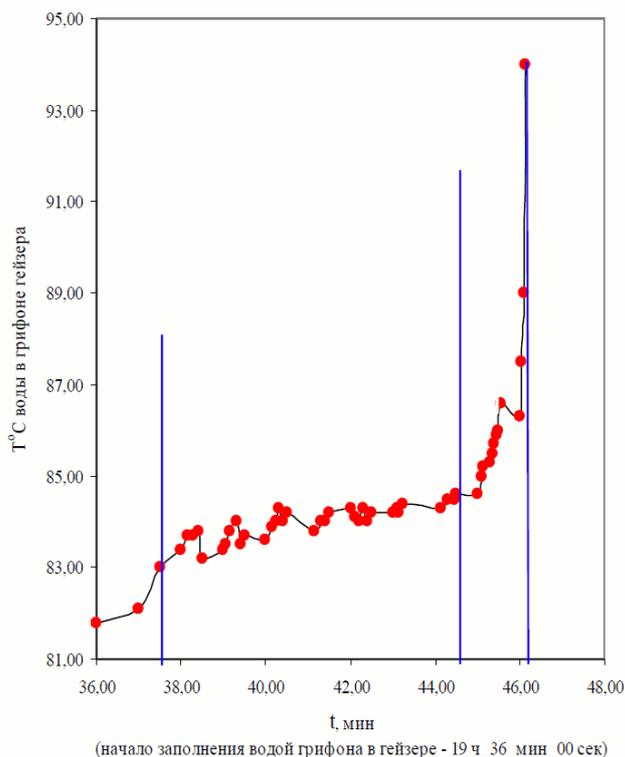


Рис. 3. Кривая подъема температуры в грифоне гейзера Шаман 17 июля 2009 г.

Бурление и всплески быстро усиливаются. Как правило грифон полностью заполняется за 11–19 мин. Затем бурление переходит в высокие всплески. В самой пониженной части грифона начинается перелив воды и образование ручейка и в считанные секунды происходит извержение. Следует отметить, что очень редко не наблюдается излива воды из грифона и собственно извержения, а всплески поднимают воду на 0,8–1 м и затем вода медленно уходит в канал. В этих случаях, не доходя до минимального уровня вода снова поднимается и весь цикл происходит дальше по обычной схеме. В среднем, весь цикл активности в первый период наблюдений повторялся через 13–21 мин. Период самого извержения был очень коротким – от 5 сек. до 12–22 сек. (рис. 2). За это время гейзер извергал порядка 300 л воды. Но фонтан гейзера имел субвертикальное положение и большая часть воды снова попадала в грифон, постепенно разрушая и расширяя его. Имела свои особенности и температурная характеристика гейзера. Так, при минимальном уровне вода имела температуру 81,9°C (рис. 3). Очень редко она опускалась до 79,5°C. Сливалась в ручей вода с температурой 82°C. По периферии грифона глинистая масса породы была прогрета до 49°C.

Второй цикл наблюдений на гейзере проводился 28 июля 2009 г. В этот период измерения температуры выполнялись с применением термодатчиков.

Как показали результаты второго цикла измерения температуры, максимальная температура в канале гейзера «Шаман» перед выбросом паро-водяной смеси достигает 100,4°C (рис. 4), что гораздо выше температуры кипения воды на высоте проявления гейзера (650 м над уровнем моря) и свидетельствует о достижении резкого перегрева и вскипания

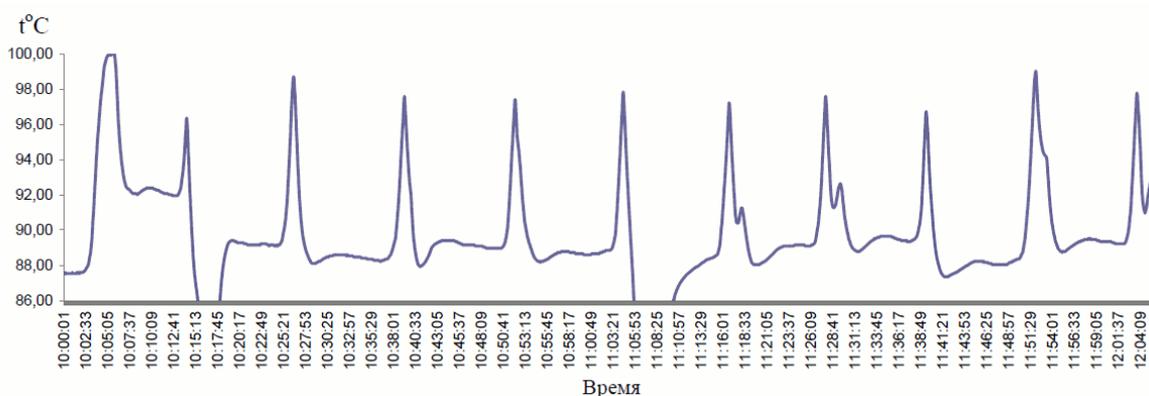


Рис. 4. Режим работы гейзера Шаман 9 августа 2009 г.

термального раствора в локальном объеме. По нашим данным температурный режим работы гейзера «Шаман» не зависит от вариаций поверхностной температуры воздуха на термальном поле и связан с активностью гидротермальной системы, питающейся теплом и веществом от глубинного тепломассопотока. Данные второго цикла наблюдений позволили уточнить режим работы гейзера. Для него характерна довольно четкая периодизация деятельности, с некоторыми вариациями значений минимальной температуры. Последнее свидетельствует, по-видимому, о не полном завершении формирования геометрии канала, что приводит и к некоторому нарушению стационарности процесса извержения.

Минеральные отложения гейзера и его окрестностей

В зоне орошения водой, падающей сверху при извержении, на расстоянии 1,7 м от грифона, уже началось отложение гейзерита. Его корочка толщиной 1,5–2 мм имеет черный цвет за счет импрегнации сульфидами железа. Макроструктура гейзерита – микросталагмитовая. Сульфиды железа тонкодисперсного облика наблюдаются и в составе выбрасываемых при работе гейзера мелких кусочков измененной до глины породы. На прогретой поверхности пород и в трещинках вокруг гейзера в изобилии отлагаются квасцы охристого (ярозит) и белого (пиккерингит) цвета. В газирующем занорыше к востоку от гейзера обнаружили дендритовидные кристаллы самородной серы зеленовато-желтого цвета. Под корочкой гейзерита и глинистого вещества в шлейфе растека воды от гейзера уже отложились тонкие пленочки аурипигмента желтого цвета в ассоциации с самородной серой.

Состав воды и газовой фазы гейзера

Состав воды и свободных газов несет важную информацию о месте ее формирования и источнике питания. Вода гейзера «Шаман» оказалась существенно хлоридно-натриевой, с небольшой долей сульфатов (табл. 1). Минерализация ее в 1,5 раза выше общей минерализации гейзеров Долины Гейзеров и отвечает составу высокотемпературных гидротерм кальдеры Узон, несущих повышенное содержание рудных элементов, таких как As, Sb, Hg, Cu, Zn, Mn, Li, Rb, Cs [3]. Как видно из табл. 1, в источнике, бывшем на месте гейзера, вода имела более низкий pH и повышенное содержание сульфат – иона, меньше Mg, Na,

Таблица 1. Состав воды гейзера «Шаман» (2009 г.) и гейзера «Великан» (2007 г.)

№	ист. Пульсирующий (на месте гейзера в 2006г.)			5549 (гейзер Шаман, период наполнения)			5550 (гейзер Шаман, период извержения)			5552 (гейзер Великан 12.062007 г.)		
	5.15			5.85			6.90			8.70		
рН	мг/л	мг-экв/л	мг-экв %	мг/л	мг-экв/л	мг-экв%	мг/л	мг-экв/л	мг-экв%	мг/л	мг-экв/л	мг-экв%
HCO ₃ ⁻	6.10	0.10	0.20	68.30	1.12	2.39	56.10	0.92	2.01	62.0	1.02	3.78
F	1.70	0.00	0.20		0.00	0.00		0.00	0.00	0.9	0.05	0.18
Cl ⁻	1365.2	38.50	82.20	1454.00	41.00	87.39	1418.00	39.99	87.49	808.0	22.80	84.57
SO ₄ ²⁻	365.00	7.60	16.4	230.50	4.80	10.23	230.50	4.80	10.50	144.0	3.00	11.13
Сумма А	1738.00	46.29	100.00	1752.80	46.92	100.00	1704.60	45.71	100.00	1044.9	26.88	
Na ⁺	859.00	37.38	89.7	1007.00	43.80	89.71	941.00	40.93	89.22	548	23.85	90.28
K ⁺	71.50	1.83	4.40	60.90	1.56	3.19	62.27	1.59	3.47	54.7	1.40	5.30
Li ⁺	-	-	-	4.86	0.70	1.43	4.77	0.69	1.50	0.00	0.00	0.00
Ca ²⁺	44.90	2.24	5.40	50.10	2.50	5.12	48.10	2.40	5.23	22.0	1.10	4.16
Mg ²⁺	< 0.2			1.20	0.10	0.20	2.40	0.20	0.43	0.00	0.00	0.00
NH ₄ ⁺	3.80	0.21	0.50	3.00	0.17	0.34	1.20	0.07	0.15	0.03	0.07	0.26
Fe ²⁺	< 0.30			< 0.3			< 0.3			0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	< 0.30			0.09			0.16			0.00	0.00	0.00
Сумма К	979.2	41.68	100.00	1127.06	48.82	100.00	1059.74	45.87	100.00	624.7	26.42	100.00
H ₃ BO ₃	366.00			412.00			407.80			111		
H ₄ SiO ₄ р.	247.00			343.70			291.50			156		
H ₄ SiO ₄ к.	411.00			83.60			116.40			282		
Минер.	3742.2			3719.16			3580.04			2188.6		
	$M_{3.74} \frac{Cl83SO_4 16}{Na90Ca5K4}$			$M_{3.25} \frac{Cl87SO_4 10}{Na82K5Ca4}$			$M_{3.22} \frac{Cl87SO_4 10}{Na83Ca8K5}$			$M_{2.19} \frac{Cl85SO_4 11}{Na90K5Ca4}$		

Примечание. Анализы выполнены в Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН. Аналитик С.В. Сергеева.

Таблица 2 Химический состав газовой фазы гейзера Шаман 6.09.2009 г.

Газ	Название газа	Пробы	
		№ 1 (%об.)	№ 2 (%мас.)
CO ₂	двуокись углерода	89,586	77,32352
H ₂ S	сероводород	0,79	0,64187
SO ₂	сернистый газ	не опр.	12,99868
HCl	хлористый водород	не опр.	2,59694
CO	окись углерода	< 0,006	0,00025
CH ₄	метан	1,8266	0,35549
H ₂	водород	4,121	0,05381
N ₂	азот	3,15	4,56661
O ₂	кислород	0,081	1,37004
Ar	аргон	0,01	0,09189
He	гелий	0,0004	6,48389
C ₂ H ₆	этан	0,012489	0,00000
C ₂ H ₄	этилен	0,000940	0,00000
C ₃ H ₈	пропан	0,000199	1,25·10 ⁻⁶
C ₃ H ₆	пропилен	1,6·10 ⁻⁶	1,54·10 ⁻⁷
C ₄ H _{10 (н)}	н-бутан	< 2,1·10 ⁻⁶	0,00000
C ₄ H _{10 (i)}	и-бутан	< 2,0·10 ⁻⁶	3,27·10 ⁻⁷
C ₅ H ₁₂	н-пентан	< 1,2·10 ⁻⁶	–
C ₆ H ₁₄	гексан	< 1,6·10 ⁻⁶	–
C ₇ H ₁₆	гептан	< 1,9·10 ⁻⁶	–

Проба № 1 Отбор газа произведен методом вытеснения в бутылку с подсоленной водой. Анализ Ar, N₂, O₂, CO выполнен на газовом хроматографе Agilent 6890, на капиллярной колонке HP-MOLSIV; CO₂, H₂S – на капиллярной колонке HP-PLOT Q; предельные и непредельные углеводороды до C₇ были проанализированы на хроматографе SHIMADZU GC-17A; H₂, He – на хроматографе ЛХМ-80. Аналитик В.И. Гусева.

Проба № 2 Отбор газа произведен в барбатер с поглотителями. Анализ выполнен на газовом хроматографе ЛХМ. Аналитики: В.Н. Шапарь, И.Д. Тимофеева.

« – » - не обнаружен; «не опр.» - не определялся.

но высокое содержание иона аммония. О большой глубинности зоны питания гейзера свидетельствует высокое содержание в его воде бора и кремнезема, также значительно превосходящее содержание этих компонентов в той же Долине Гейзеров. В составе свободных газов гейзера преобладает углекислота, но отмечено присутствие сернистого газа, хлористого водорода и сероводорода, и большого набора углеводородных газов (табл. 2).

Структурно-тектоническая позиция гейзера и причины его возникновения

Канал гейзера находится на пересечении тектонических трещин субширотного и северо-восточного направлений. Кроме того, линией мелких проколов и парящих площадок, трассирующихся на гейзер, четко просматривается тектонический контроль субмеридионального направления. Но эти трещинные зоны существовали и до появления гейзера. Что же послужило причиной возникновения гейзера на месте ранее существовавшего источника? Можно предположить две версии. Самая простая – это следствие сухого и жаркого лета. Грунтовые воды иссякли, термальное поле сильно подсохло. Вследствие этого уменьшилось разбавление термальных вод, поднялась их температура в приповерхностной зоне

и возникли благоприятные условия для вскипания раствора в порово-трещинном пространстве на небольшой глубине. В этом случае можно предположить, что гейзер будет существовать не долго. В периоды дождей, а также интенсивного таяния снега холодная вода будет «задавливать» парообразование. Источник вновь может стать пульсирующим.

Второе предположение связано с проявлением т.н. новейшей тектоники. По-видимому, событие 2007 г. – сход каменной лавины в соседней Долине Гейзеров, уничтожившей часть гейзеров, и возникновение гейзера в кальдере Узон спустя год имеют одну и ту же причинно-следственную связь. По нашему мнению, в 2007 г. имела место активизация тектоно-магматической деятельности в крупном блоке земной коры в районе вулкана Кихпинч. Об этом же пишут авторы [2]. В зону воздымания были вовлечены и тектонически-активные участки Восточного термального поля в кальдере Узон. В пользу этого предположения свидетельствуют новообразования в кальдере, возникшие именно в 2007 г. Здесь наблюдалось повышение температуры в озере Банное до 47°C на поверхности. На Втором участке Восточного термального поля возник крупный грязевый вулкан, а на Первом участке этого поля осушился большой участок в районе источника Термофильный, где ранее устойчиво существовал крупный плащ (т.н. маты) термофильных микроорганизмов [1]. В 2008 г. появились провалы и новые парящие площадки в районе источника «Пульсирующий», на месте которого осенью 2008 г. и появился гейзер.

По данным В.А. Широкого, изучающего сейсмотектоническую активность Курило-Камчатского региона, большую роль в подготовке извержений вулканов и реализации поверхностных проявлений имеют вулcano-тектонические землетрясения, обусловленные активностью процессов в глубокой мантии Земли. А они происходят на Камчатке довольно часто. Например, сильное глубокое землетрясение было здесь 29 мая 2007 г. Таким образом, мы склоняемся к предположению о том, что возникновение гейзера в кальдере Узон обусловлено вулcano-тектонической активизацией региона. В этой связи возрастает необходимость проведения регулярных наблюдений на территории Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника по типу проведенных Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в Долине Гейзеров в 2007 г. [2].

Список литературы

1. *Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М., Карпов Г.А., Старынин Д.А.* Анаэробная деструкция органического вещества в цианобактериальных матах ист. Термофильного // Микробиология. 1987. Т. 56. С. 1022–1028.
2. *Двигало В.Н., Мелекесцев И.В.* Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 5. С. 24–37.
3. *Карпов Г.А.* Современные гидротермы и ртутно-сурьмяно-мышьяковое оруденение. М.: Наука, 1988. 183 с.