

УДК 553.065

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ОСАДКОВ ИЗ ГРИФОНА ИВАНОВА (НАЛЫЧЕВСКАЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ СИСТЕМА, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

© 2006 К. О. Шишканова

Камчатский Государственный Университет, 683032, Петропавловск-Камчатский, Пограничная ул., 4, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пуйна, 9; тел. (415-22)5-93-90; e-mail: psv200@kscnet.ru

Налычевская гидротермальная система объединяет более ста выходов термальных источников, различных по масштабу, температуре и химическому составу. На месте пробуренной для разведки Налычевского месторождения термальных вод скважины образовалась термальная декомпрессионная воронка (грифон Иванова), из которой поступает природный химический раствор с температурой 75.6 °С и аномально высокими концентрациями As, Ca, Fe, B, Li, Si, Mg, Na, K, Ba, Sr, Br, Cl, I, Sb, Zn, Pb, W и др. Из него на дневной поверхности вдоль отводящей дренажной траншеи происходит интенсивное отложение различных соединений и минералов, образующих линейное сооружение, сложенное современными осадками антропогенного происхождения. Для изучения распределения в них тяжелых металлов и токсичных соединений был опробован наиболее высокотемпературный участок длиной около 60 м. Исследования выполнены в лабораториях Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (РСР S4 PIONEER). Обнаружено сложное неравномерное распределение аномальных количеств As, Ca, Fe в мышьяковисто-железисто-известковисто-карбонатных осадках, которое не связано линейной зависимостью с температурой гидротермальной дренажной системы.

Налычевская гидротермальная система — уникальное природное явление не только для Восточной Камчатки, но и всего Тихоокеанского огненного кольца. Она изучалась в первой половине XX в. такими известными краеведами и геологами как П.Т. Новограбленов (1929), Б. И. Пийп (1937), которые опубликовали первые сведения о географическом положении, геологическом строении и химическом составе термальных источников. В 1959-1960 гг. Камчатское геологическое управление провело детальные геолого-разведочные работы на Налычевском гидротермальном месторождении, сопровождавшиеся проходкой буровых скважин.

Е.А. Вакиным и Т.П. Кирсановой¹ (1961) детально охарактеризованы морфология и размеры травертиновой площадки, на которой обнаружено до 52 выходов горячих вод, приведены данные о химическом составе термальных вод наиболее крупных грифонов («Большой котел» и др.), скважин 1-4, сухих осадков этих вод, подсчитаны дебиты и суммарный вынос тепла.

С.И. Набоко (1963) опубликовала результаты изучения керна скважин и сделала некоторые выводы о современном минералообразовании в недрах гидротермальной системы.

Ю.П. Масуренков и Л.А. Комкова провели в 1966-1978 гг. комплексные исследования этой системы, уделив особое внимание изучению геолого-структурного положения, гидрогеологических особенностей, химизму и физико-химическим условиям накопления современных отложений (Масуренков, Комкова, 1978).

Налычевская гидротермальная система располагается в депрессии, ограниченной хребтами Кехкуй, Пиначевский и Ивулк с отдельными крупными вулканическими постройками (Дзездур, Вершинская, Купол, Ааг, Арик). Господствующее положение на местности занимают действующие вулканы Корякский (3456 м), Авачинский (2741 м) и Жупановские Востряки (2958 м). Среди крупных горячих источников можно назвать собственно Налычевские, Желтореченские, Горячереченские, Таловские, Краеведческие и Шайбные и др.

Наиболее изученными в геологическом, гидрогеохимическом и минералого-геохимическом отношении считаются Налычевские гидротермы (термальная площадка «Котел»). Они

¹ Вакин Е.А., Кирсанова Т.П., Кононов В.Н., Поляк Б.Г. Промежуточный отчет по теме «Гидрогеология района действующих вулканов Камчатки и вопросы геотермии». Петропавловск-Камчатский, 1961. Т.1. 94 с. Фонды ИВиС ДВО РАН.

хорошо изучены с поверхности, разбурены на глубину четырьмя глубокими скважинами, произведен подсчет запасов, подготовлены рекомендации для создания курортно-оздоровительного комплекса и проводится многолетний мониторинг. В частности, показано, что воды Налычевского месторождения не имеют аналогов в мире и поэтому названы «налычевским типом». По составу это - хлоридные и сульфатно-хлоридные натриевые и кальциево-натриевые с минерализацией 1.8-9.2 г/дм³, кремнистые (H₂SiO₃ 67 - 262 мг/дм³), борные (H₃BO₃ - 230 - 504 мг/дм³), углекислые (CO₂ - 39.6 - 275 мг/дм³), мышьяковистые (As - от 0.3 до 13 мг/дм³) воды, с повышенными содержаниями редких щелочей, галогенов (мг/дм³): Li (5.1 -10.2), K (90-150), I (0.8-2.7), V (4.5-17), F (до 10.4), тяжелых металлов, токсичных элементов: Sr (0.17-2.7), Rb (0.4-1.35), Cs (0.15-0.9), Ge (до 8.5), Fe, Mg, Mn, Ba, Br, Sb, Zn, Pb, Cu, Mo, Sn, W (Арсанова, 1974; Карта полезных ископаемых, 1999; табл. 1).

Термальная площадка «Котел» располагается в долине реки Горячей в нескольких сотнях метров от ее русла. Она имеет овальную форму, расширяющуюся к югу, сложена травертиновыми

отложениями с прослоями вулканического пепла (рис. 1). По периферии травертиновая площадка частично засыпана серым вулканическим песком и перекрыта почвенным слоем мощностью до метра и более (Вакин и др., 1961¹).

В 1959-1960 гг. были пробурены 4 скважины для изучения гидрогеологических особенностей системы. Две из них находятся в непосредственной близости от термальной площадки «Котел». В результате такого техногенного воздействия режим термальных источников нарушился. Дебит источников стал резко сокращаться и вскоре они исчезли с поверхности травертинового купола. Остались только слабо парящие воронки диаметром 0.5-1.5 м. А на месте самой глубокой скважины (№ 2, гл. 217 м) образовалась декомпрессионная воронка, из которой впоследствии начала фонтанировать горячая вода. Эта воронка была названа «грифоном Иванова» в честь известного гидрогеолога В.В. Иванова.

Грифон Иванова имеет округлую форму (приблизительно 5х6 м при глубине в центральной части более 8 м) с температурой воды до 75.6 °С и дебитом около 5-6 л/с. В последующие годы уровень воды в грифоне начал увеличиваться,

Таблица 1. Химический состав термальной воды грифона Иванова (Saji et al., 2004)

Макро-компоненты	С, мг/л	Микро-компоненты	Предел обнаружения мкг/л	С, мг/л	Микро-компоненты	Предел обнаружения мкг/л	С, мг/л
NH ₄ ⁺	0.2	Li	0.08	4.2	Br	26	4.6
Na ⁺	937.2	Be	0.01	0.28*	Rb	0.09	0.8
K ⁺	149.0	Al	3	-	Sr	0.5	2.3
Ca ²⁺	232.5	P	48	-	Y	0.01	0.28*
Mg ²⁺	36.5	V	0.5	-	Mo	0.05	9.9*
Fe ²⁺	0.3	Mn	0.4	0.6	Cd	0.02	-
Fe ³⁺	0.7	Fe	7	0.9	Sn	0.08	0.77
Сумма катионов	1356.3	Co	0.04	0.40*	Sb	0.01	0.1
HCO ₃ ⁻	497.9	Cu	1	-	Cs	0.002	0.8
Cl ⁻	1453.9	Zn	2	-	Ba	0.1	0.1
SO ₄ ²⁻	456.3	Ge	0.08	-	Ce	0.006	-
F ⁻	1.0	As	0.3	6.4	W	0.09	1.5*
Сумма анионов	2409.1	Se	0.6	<3*	Pb	0.003	-
H ₃ BO ₃	400.5						
H ₄ SiO ₄	232.0						
pH = 6.3		Eh = -10			T = 64.0 °C		

Примечание. * - мкг/л; - меньше предела обнаружения; анализ макрокомпонентов выполнен в ИВ ДВО РАН, аналитик С.В. Сергеева; анализ микрокомпонентов - в Аналитическом центре ВИМС (Москва), университете Каназава (Япония).



Рис. 1. Схема расположения грифона Иванова и антропогенной дренажной системы (составлена с использованием данных Масуренкова, Комковой, 1978). 1- выходы осадков термальной площадки «Котел»; 2- предполагаемые контуры термальной площадки «Котел»; 3- гидрогеологические скважины и их номера; 4- дренажная траншея; 5- современные осадки дренажной системы; 6 - термальные источники.

химически агрессивная термальная жидкость стала растекаться и начала угрожать растительности и, в особенности, заповедному березовому лесу. Было принято решение отвести этот природный химический раствор по дренажной траншее к реке Горячей, в которую разгружается группа естественных выходов термальных вод, располагающихся по ее берегам (рис. 2 на 4 странице обложки).

По всей видимости никто не ожидал, что вдоль этой дренажной траншеи начнется интенсивное отложение таких минералов как кальцит, арагонит, кварц, гетит и сложных соединений As, Fe, Ca, среди которых идентифицирован юконит $[Ca_3Fe_7(AsO_4)_6(OH) \cdot 18H_2O]$ - первая находка в России (Nishikawa et al, 2006), слагающих эти современные осадки (рис. 3 на 4 странице обложки, табл. 2). Они содержат значительные количества железа, кальция и, в особенности, мышьяка, одного из наиболее токсичных химических элементов. Для них характерно наличие В, Mg, Mn, Sr, Ba, Sb, Li, Rb, Cs, Ag, Be, Bi, W, Zn, Pb, Y, V, Cr, Ga, Zr, Sn (Карта полезных ископаемых ..., 1999; Saji et al.

2004; Nishikawa et al. 2006; табл. 3). В течение нескольких лет вдоль дренажной траншеи сформировалось сложное тело линейной формы, которое вместе с термальной водой образует антропогенную дренажную систему. Создалась благоприятная ситуация для изучения процессов осадкообразования вдоль этой искусственной гидротермальной дренажной системы - грифона Иванова - река Горячая. Здесь можно проследить изменение состава термальных вод и выпадающих в осадок веществ в температурном интервале от 75.6 до 38 °С. Вместе с тем, возникла серия вопросов:

- какое количество токсичных элементов вынесено на поверхность;
- как распределяются они вдоль этой дренажной траншеи;
- какие физико-химические параметры оказывают влияние на осаждение тех или иных элементов;
- каковы возможные последствия такого антропогенного вмешательства;
- как оценить вероятное негативное воздействие на природную окружающую среду.

Нами была предпринята попытка изучить распределение некоторых химических элементов в отложениях наиболее высокотемпературной части дренажной системы.

Образцы были отобраны в интервале 1.5 – 60 м от грифона (рис. 4 на 4 странице обложки). Они представляют собой аморфные с элементами кристаллического строения агрегаты красно-оранжевого цвета, которые имеют очень рыхлую

Таблица 2. Минеральный состав отложений дренажной траншеи*

Кальцит	$CaCO_3$
Арагонит	$CaCO_3$
Оксиды железа и марганца	
Сложные карбонатные соединения мышьяка, железа	
Гетит	$HFeO_2$
Доломит	$(Ca,Mg)CO_3$
Опал	SiO_2
Кварц	SiO_2
Скородит	$Fe_2O_3 \cdot As_2O_3 \cdot 4H_2O$
Сассолин	$B(OH)_3$
Ривермандит	$2CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$
Пирит	FeS_2
Юконит	$Ca_3Fe_7(AsO_4)_6OH \cdot 18H_2O$

Примечание. *- с использованием данных (Карта полезных ископаемых ..., 1999; Saji et al., 2004; Nishikawa et al., 2006).

Таблица 3. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа отложений антропогенной дренажной системы (РПС "S4 PIONEER", мас. %).

Компоненты	Номер образца, расстояние от грифона Иванова, м							
	НШ-1,5	НШ-6	НШ-12	НШ-15	НШ-24	НШ-27	НШ-47	НШ-60
SiO ₂	5.68	4.43	1.90	4.33	4.01	2.39	5.08	6.34
Al ₂ O ₃	0.71	0.22	0.11	0.33	0.11	0.186	0.12	0.27
Fe ₂ O ₃	31.29	32.01	9.21	32.76	35.45	9.65	31.22	31.98
FeO	0.79	0.86	0.43	0.57	0.50	0.28	0.57	0.57
CaO	17.50	16.23	42.76	22.66	17.97	47.08	16.27	20.58
MgO	2.52	2.68	1.23	2.22	2.24	0.70	1.98	2.05
Na ₂ O	0.92	0.77	0.18	0.81	0.79	0.12	2.90	1.25
TiO ₂	0.09	0.06	0.04	0.08	0.05	0.04	<0.01	0.06
K ₂ O	0.62	0.60	0.11	0.36	0.38	0.08	0.39	0.55
MnO	0.68	0.67	0.61	0.64	0.59	0.58	0.64	0.74
P ₂ O ₅	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
п.п.п.	15.16	15.26	4.83	12.89	16.09	3.91	16.27	11.58
CO ₂	2.09	2.20	29.92	4.62	2.75	31.46	0.88	5.28
Σ	78.08	76.02	91.35	82.30	80.97	96.50	76.34	81.28
Sr	0.121	0.138	0.191	0.143	0.147	0.191	0.148	0.146
F	0.172	0.212	0.086	0.173	0.177	0.104	0.152	0.192
Cr	0.007	0.008	<0.001	0.006	0.005	<0.001	0.005	0.007
Rb	0.015	0.013	0.004	0.012	0.012	0.005	0.013	0.013
S	0.130	0.110	0.450	0.127	0.095	0.254	0.200	0.380
Zn	0.006	0.004	0.001	0.003	0.003	0.001	0.003	0.004
Y	0.008	0.005	0.001	0.006	0.007	0.001	0.007	0.006
Zr	0.028	0.030	0.018	0.031	0.030	0.029	0.031	0.033
Sc	0.002	0.002	0.005	0.003	0.002	0.005	0.001	0.003
Ni	0.014	0.014	0.003	0.013	0.013	0.003	0.013	0.012
Cu	0.021	0.020	0.007	0.019	0.018	0.006	0.018	0.018
Co	0.017	0.018	0.001	0.015	0.018	0.001	0.014	0.013
V	0.037	0.036	0.008	0.034	0.033	0.007	0.038	0.030
Ba	0.019	0.023	0.021	0.030	0.021	0.022	0.032	0.032
Nb	0.008	0.007	0.003	0.007	0.006	0.003	0.007	0.007
Ge	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
As	20.800	21.670	6.020	18.690	19.950	3.830	20.510	17.110
Cl	0.430	0.290	0.140	0.430	0.360	0.100	2.870	0.980

Примечание. НШ-1.5 – образец отобран на расстоянии 1.5 м от грифона; Sn, Mo, Yb < 10⁻³, Ga < 10⁻⁴, H₂O⁻ – не определялась, т.к. анализировалось абсолютно сухое вещество; аналитики с.н.с. Е.В. Карташова, инж. Н.И. Чеброва (Аналитический центр ИВиС ДВО РАН).

структуру и при высыхании рассыпаются (рис. 4 на 4 странице обложки). В лабораториях ИВиС ДВО РАН образцы были подготовлены к аналитическим исследованиям (просушены в сушильном шкафу при T=105 °C). Затем они были проанализированы методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (СПР S4 PIONEER фирмы Брукер, аналитики с. н. с. Е.В. Карташова, инж. Н.И. Чеброва).

Полученные данные приведены в табл. 3, а для As, Fe, Ca построены графики их распределения. По оси абсцисс отложены расстояния от депрессионной воронки (метры) вдоль траншеи,

а по оси ординат - концентрации As, CaO, Fe₂O₃ (мас. %).

Между концентрациями As, Fe, Ca и температурой дренируемых термальных вод в интервале 1.5 – 60 м не установлено линейной зависимости (табл. 3, рис. 5). На графиках содержания As и Fe связаны с Ca обратной зависимостью. Между As и Fe существует тесная положительная корреляция, а с Ca – отрицательная. В интервалах 1.5-6 м, 15-24 м и 47-60 м наблюдается максимальное концентрирование As и Fe (As – 20.8-21.67; 18.96-19.95; 20.51-17.11 и Fe₂O₃ - 31.29-32.01; 32.76-35.45; 31.22-31.98 % соответственно).

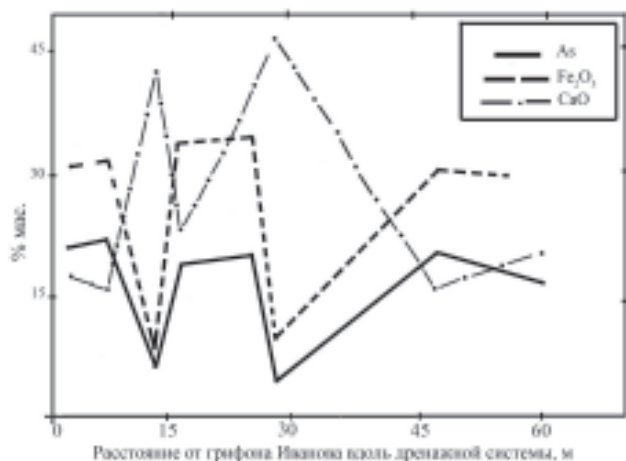


Рис. 5. Графики распределения концентраций As, Fe₂O₃, CaO в осадках дренажной системы.

В интервалах 6-15 м и 24-47 м количества As и Fe уменьшаются до минимальных (As - 6.02 и 3.83; Fe₂O₃ - 9.21 и 9.65 % соответственно). В этих же интервалах наблюдается максимальное накопление CaO (42.76 и 47.08 %). Такое сложное распределение As, Fe₂O₃ и CaO можно объяснить резкими флуктуациями физико-химических параметров открытой системы и наличием нескольких геохимических барьеров. Для выяснения этих вопросов необходимо проведение комплексных детальных минералого-геохимических и гидрогеохимических исследований в рамках экологического мониторинга.

Автор выражает благодарность директору природного парка Налычево Р.Р. Кореневу (организация и проведение полевых работ), сотрудникам Аналитического центра ИВиС ДВО РАН с.т.н. Е.В. Карташовой, инж. Н.И. Чебровой (выполнение аналитических работ), научному руководителю зав. лабораторией вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН В.М. Округину

(постановка задачи, постоянное внимание и возможность использования материалов).

Список литературы

- Арасанова Г. И.* Редкие щелочи в термальных водах вулканических областей. Новосибирск: изд-во Наука, 1974. 110 с.
- Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1: 500 000. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализаций и ореолов рассеяния полезных ископаемых // Главные редакторы: *Литвинов А. Ф., Патока М. Г.* (Камчатгеолком), *Марковский Б. А.* (ВСЕГЕИ). Петропавловск-Камчатский: изд-во СП картфабрики ВСЕГЕИ, 1999. С. 484-485.
- Масуренков Ю. П., Комкова Л. А.* Геодинамика и рудообразование в купольно-кольцевой структуре вулканического пояса. М.: Наука, 1978. 274 с.
- Набоко С. И.* Гидротермальный метаморфизм пород в вулканических областях. М.: изд-во Академии Наук, 1963. 172 с.
- Новограбленов П. Т.* Налычевские и Краеведческие горячие ключи на Камчатке // Изв. русск. геогр. общ - ва, 1929. С. 285-297.
- Пушн Б. И.* Термальные ключи Камчатки. М. — Л.: Издательство Академии наук СССР, 1937. 268 с.
- Saji I., Nishikawa O., Belkova N. et al.* Chemical and microbiological investigations of hot spring deposits found at the hydrothermal systems of Kamchatka Peninsula, Russia // The Sciens Reports of Kanazava University. 2004. V. 48. № 1, 2. P. 75-89.
- Nishikawa O., Okrugin V., Belkova N., Saji I.* Crystal symmetry and chemical composition of youkonit: TEM study of specimens collected from Nalychevskie hot springs, Kamchatka, Russia and from Venus Mine, Yokon Territory, Canada // Mineralogical Magazine. 2006. V. 70 (1). P. 73-81.

NEW DATA ON COMPOSITION OF PRECIPITATES FROM GRIFFON IVANOVA NALICHEVSKAYA HYDROTHERMAL SYSTEM, EAST KAMCHATKA

K. O. Sheshkanova

*Kamchatka State University by Vitus Bering, Petropavlovsk-Kamchatski, 683032, Russia
Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatski, 683006, Russia*

Nalychevskaya hydrothermal system unites more than hundred outputs of thermal sources, various on scale, temperature and a chemical compound. On a place drilled for investigation Nalychevskaya of a deposit of thermal waters thinks it was formed thermal decompression infundibulum (Ivanov's griffon) from which the natural chemical solution with temperature 75.6 C0 acts and it is abnormal high concentration As, Ca, Fe, B, Li, Si, Mg, Na, K, Ba, Sr, Br, Cl, I, Sb, Zn, Pb, W, etc. From it on a day time surface along an allocating drainage trench there is an intensive adjournment of various connections and the minerals forming linear travertine a construction of an anthropogenous origin. For studying distribution in them of heavy metals and toxic connections the most high-temperature site in length about 60 m has been tested. Researches are executed in laboratories of Institute of volcanology and seismology FEB RAS by X-ray Fluorescence Analysis (S4 PIONEER). Complex non-uniform distribution of abnormal quantities As, Ca, Fe in precipitations which are not connected by linear dependence with temperature of hydrothermal drainage system is revealed.