

УДК 551.234

КРЕМНЕВАЯ КИСЛОТА КАК ОСНОВНОЙ ЛЕЧЕБНЫЙ ФАКТОР МАЛКИНСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

А.О. Садовникова^{1,2}, Е.В. Карташева¹, С.В. Сергеева¹

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: sadovnikova.85@mail.ru

²Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, 683002; e-mail: nigtс@kscnet.ru

Малкинское месторождение термальных вод находится в южной части полуострова Камчатка в долине р. Ключевка в 5 км выше впадения ее в р. Быстрая. Река Быстрая берет начало в северо-западных отрогах хребта Ганальские Востряки с абсолютными отметками 1000 и более метров. Река относится к бассейну Охотского моря. Длина р. Быстрая - 213 км, площадь водосбора - 41000 км. В региональном структурном плане район месторождения приурочен к западному крылу крупной грабен-синклинальной структуры (восточный склон г. Зеркальце), что предопределяет моноклиальный характер залегания пород фундамента, который представлен верхнемеловыми отложениями кихчинской серии и ирунейской свиты (рис. 1) [1]. В соответствии с региональной гидрогеологической схемой районирования Камчатки, Малкинская гидротермальная система является составной частью Олюторско-Восточно-Камчатской гидрогеологической складчатой области и приурочена к Верхне-Камчатскому артезианскому бассейну – гидрогеологической структуре долинного типа с осадочным чехлом четвертичного возраста [9].



Рис. 1. Малкинское месторождение термальных вод.

Термальная вода скважины 1 использовалась для обогрева жилых и производственных помещений поселка геологоразведчиков, а с 1976 г. используется для теплоснабжения станции Елизовского аэропорта (рис. 2). В 1980 г. в непосредственной близости от месторождения начал функционировать лососевый рыбоперерабатывающий завод, которому для технических и производственно-бытовых нужд также потребовалась термальная вода. С этого момента вместе со скважиной 1, в качестве эксплуатационной, стала использоваться скважина 7, вода из которой подавалась за счет избыточного напора. Суммарный водоотбор в этот период составлял 10 л/с [2]. В 1994 г. закончилась реконструкция рыбоперерабатывающего завода, предусматривающая значительное увеличение

Эксплуатация Малкинское месторождения началась в 1970 г. с начала использования термальной воды из основного источника («Главный грифон»). Вода по трубопроводу подавалась на правый берег реки Ключевки для теплообеспечения бурящейся скважины 1. После завершения строительства этой скважины на ней был установлен центробежный насос, так как слабый напор не позволял использовать режим свободного самоизлива [3]. Тер-

водопотребления. Был сформирован новый эксплуатационный водозабор, существующий до настоящего времени и включающий скважины 1, 12, 13.

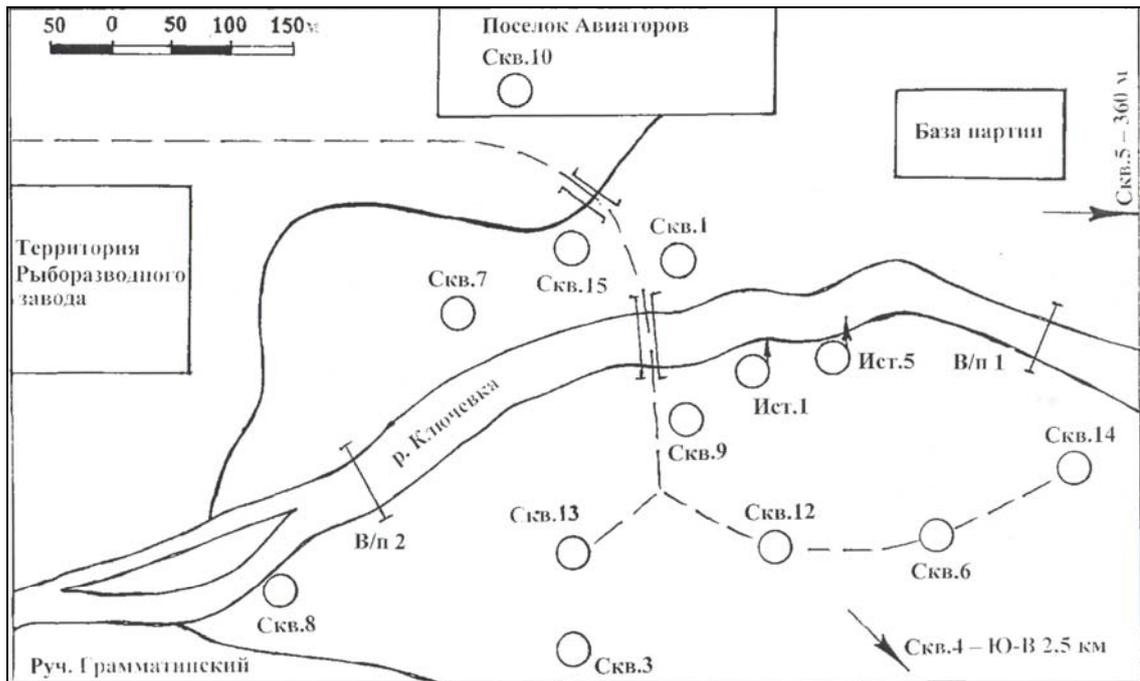


Рис. 2. Карта-схема Малкинского месторождения.

Скважина 1 постоянно эксплуатируется принудительным способом с помощью центробежных насосов типа З-К-6. В периоды отключения насоса скважина начинает работать в режиме самоизлива. Через газоотделитель термальная вода сливается в ручей. Максимальное водопотребление из скважины 1, совпадающее с зимне-весенним периодом, составляет 9 л/с, а среднее по году не превышает 6 л/с [4]. Скважины 12 и 13 через сепаратор объединены в единый термоводозабор. Пробы воды на гидрохимический анализ отбираются из самоизливающихся наблюдательных скважин (7, 8, 9, 11, 15), эксплуатационных скважин (1, 12, 13) и источника 1. Частота отбора проб из наблюдательных скважин – дважды в год, а из источника и эксплуатационных скважин – ежеквартально (табл. 1, 2, 3).

По газовому составу Малкинские термальные воды являются азотными [6], по изотопному составу представляют собой типично инфильтрационные воды с относительно небольшим временем водообмена [8].

В настоящее время преимущественным направлением использования скважин Малкинских термальных вод является теплоэнергетическое. Между тем, термальные воды Малкинского месторождения можно с успехом использовать в бальнеологических целях. В 1991-1992 гг. Томский институт курортологии и физиотерапии проводил детальные исследования вод месторождения. Была подтверждена бальнеологическая ценность Малкинских термальных вод и разработаны рекомендации по их применению [4]. По бальнеологической классификации вод Малкинские термальные воды относятся к группе Ж: минеральные кремнистые термальные воды [5]. Лечебные свойства таких вод определяются метакремнистой кислотой с концентрацией более 50 мг/л и одновременно температурой более 20°C. Они показаны при лечении заболеваний суставов, костей, мышц, нервной системы, гинекологических, сосудов (флебиты, тромбофлебиты), а также хронических интоксикаций организма людей и животных [10]. Однако влияние различных форм соединений кремния на здоровье человека изучено недостаточно.

Таблица 1. Анионы термальной воды эксплуатационных скважин (результаты анализа по бальнеологической схеме)

№ скв.	1	12	13
Cl-, мг/дм ³	152	137	320
SO ₄ 2-, мг/дм ³	145	153	213
HCO ₃ -, мг/дм ³	26	4.3	26
CO ₃ 2-, мг/дм ³	44	52	27
NO ₂ -, мг/дм ³	0	0.0004	0
NO ₃ -, мг/дм ³	0	0	0
F-, мг/дм ³	2.7	2.5	3.3
HPO ₄ 2-мг/дм ³	0.027	0.029	0.01
HAsO ₄ 2-, мг/дм ³	0.11	0.1	0.13
H ₃ SiO ₄ -, мг/дм ³	31	47	12

Таблица 2. Недиссоциированные вещества термальной воды Малкинского месторождения эксплуатационных скважин (результаты анализа по бальнеологической схеме)

№ скв.	1	12	13
H ₃ BO ₃ , мг/дм ³	18	15	29
Сумма органических в-в, мг/дм ³	0.21	0.15	0.03
H ₄ SiO ₄ , мг/дм ³	92	88	70
H ₃ AsO ₄ , мг/дм ³	0	0	0
pH	9.4	9.58	9.08
CO ₂ свободн.	0	0	0

Таблица 3. Содержание микрокомпонентов в термальной воде Малкинского месторождения

№ скв.	1	12	13	№ скв.	1	12	13
Cu ²⁺	0.0018	0.002	0.0018	Al ³⁺	0.029	0.044	0.0045
Mn ²⁺	0.022	0.024	0.021	Ba ²⁺	1	<1	<1
Mo ²⁺	0.0012	<0.001	<0.001	Сробщ	<0.001	<0.001	<0.001
Zn ²⁺	0.0014	0.0023	0.012	Уобщ	<0.03	<0.03	<0.03
Pb ²⁺	0.001	<0.001	0.0022	Ag ⁺	<0.001	<0.001	<0.001
Sr ²⁺	0.12	0.1	0.28	Be	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Ni ²⁺	<0.001	<0.001	<0.001	Se	<0.0002	<0.0002	0.0026
Co ²⁺	<0.001	<0.001	<0.001	I	<0.05	<0.05	<0.05
Cd ²⁺	0.00016	0.00013	0.00012	Br	<1	<1	<1

Кремний является постоянным компонентом химического состава природных вод, чему способствует повсеместная распространенность соединений кремния в горных породах. Малое содержание кремния в воде объясняется малой растворимостью горных пород. Главным источником соединений кремния в природных водах являются процессы химического выветривания и растворения кремнийсодержащих минералов, например алюмосиликатов. Формы соединений, в которых находится кремний в

растворе, весьма многообразны и меняются в зависимости от минерализации, состава воды и значений pH. Часть кремния находится в истинно растворенном состоянии в виде кремниевой кислоты и поликремниевых кислот. Неустойчивости кремния в растворе способствует склонность кремниевой кислоты при определенных условиях переходить в гель.

Для определения бальнеологической ценности кремнистых термальных вод необходим систематический мониторинг содержания соединений кремния в таких водах.

Определение кремневой кислоты в природных водах обычно производится двумя методами – весовым и колориметрическим. Возможно использование атомно-абсорбционной спектроскопии. В Аналитическом центре института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН для определения содержания в воде растворенных силикатов используют методику колориметрического определения с молибдатом аммония. Растворенные ортосиликаты образуют с молибдатом в кислой среде гетерополиоксисульфидную кислоту $H_4[Si(Mo_3O_{10})_4] \cdot nH_2O$, окрашенную в желтый цвет, пригодную для колориметрического определения. Этим методом можно определить от 1 до 20 мг/л SiO_2 с точностью примерно ± 0.5 мг/л. В колбу из химически устойчивого стекла наливают 50 мл прозрачной пробы, профильтрованной через плотный фильтр, или отбирают меньший объем пробы и разбавляют ее дистиллированной водой до 50 мл. Прибавляют 2 мл раствора молибдата и перемешивают. Затем приливают 1 мл соляной кислоты и смесь снова перемешивают. Через 5 минут прибавляют 1.5 мл раствора щавелевой кислоты и измеряют оптическую плотность (рис. 3). Одновременно проводят холостое определение с дистиллированной водой, вводят поправку и по калибровочной кривой



Рис. 3. Концентрационный фотоэлектроколориметр – КФК-3.

находят содержание SiO_2 [7]. Существует и другая методика колориметрического определения всех форм растворенных силикатов с молибдатом. Все формы силикатов в растворе превращают щелочным гидролизом в ортоформу, в которой их определяют [7].

Нами была опробована методика определения содержания SiO_2 восстановленным комплексным соединением, окрашенным в синий цвет с применением смеси лимонной и аскорбиновой кислот в качестве восстановителя. Сравнительная метрологическая оценка на реальных пробах воды показала, что эта методика имеет преимущество, которое объясняется

большой устойчивостью восстановленного комплекса (табл. 4). Дальнейшее совершенствование этого направления исследований мы видим в использовании атомно-абсорбционной спектроскопии с беспламенной атомизацией образца. Этот метод не требует дополнительной пробоподготовки, которая всегда вносит вклад в величину погрешности анализа.

Таблица 4. Сопоставление результатов определения кремния разными методами с помощью однофакторного дисперсионного анализа

№ пробы	Содержание кремния, мг/л (желтый комплекс)	Содержание кремния, мг/л (синий комплекс)
1	18.4	18.4
2	19.1	18.9
3	18.7	18.6
4	19.4	19.1
5	19.0	19.3
6	18.8	18.6
7	18.5	18.8
8	18.9	19.2
9	19.3	19.0
10	19.6	19.5
Дисперсия	0.15122	0.12004

Список литературы

1. *Авдейко Г.П., Пилипенко Г.Ф. Палуева А.А. Напылова О.А.* Геотектонические позиции гидротермальных проявлений Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1998. №6. С. 85-99.
2. *Демченко А.А., Петров М.А.* Отчет о результатах предварительной разведки Малкинского месторождения углекислых вод с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на декабрь 1986 г. Фонды ФГУ ТКЗ, Петропавловск-Камчатский, 1986. 479с.
3. *Евтухов А.Д., Сенгилеева А.В., Ворожейкина Л.А.* Отчет о результатах поисковых работ, проведенных на Малкинском месторождении термальных вод в интервале глубин 0-600 м (1969-1971 гг.). Фонды ФГУ ТКЗ, Петропавловск-Камчатский, 1971. 357с.
4. *Евтухов А.Д.* Отчет по пересчету эксплуатационных запасов Малкинского месторождения термальных вод (по материалам опытно-промышленной разработки в 1998-2001 гг.). Фонды ФГУ ТКЗ, г. Елизово, 2001. 246с.
5. *Иванов В.В., Невраев Г.А.* Классификация подземных минеральных вод. М.: Наука, 1964. 168 с.
6. *Крайча Л.* Газы в подземных водах. М.: Недра, 1980. 275с.
7. *Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю.* Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970. 243 с.
8. *Селецкий Ю.Б., Сережников А.И., Чебыкин И.Н.* Изотопный состав (дейтерий и кислород-18 воды) и формирование гидротерм Паратунского месторождения в сравнении с другими гидротермальными системами Курило-Камчатской вулканической области // Вулканология и сейсмология, 2002. №2. С. 30-36.
9. *Чебыкин И.Н.* Отчет о геологическом доизучении подземных вод хозяйственно-питьевого качества Малкинского промыслового участка в 1996-1998гг (с оперативным подсчетом запасов подземных вод). Фонды ФГУ ТКЗ, Петропавловск-Камчатский, 1998. 547с.
10. *Braga P.C., Sambatoro G., Dal Sasso M. et al.* Antioxidant effect of sulphureous thermal water on human bursts: Chemiluminescence evaluation // Respiration. 2008. №2. P. 193-201.

SILICIC ACID AS A KEY THERAPEUTICAL FEATURE OF THE MALKINSKIE THERMAL FIELD**A. O. Sadovnikova ^{1,2}, E.B. Kartasheva ¹, S.V. Sergeeva ¹**

¹ *The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: sadovnikova.85@mail.ru*

² *Geotechnological Research Center, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: nigtc@kscnet.ru*

This paper presents data on composition of thermal waters from the Malkinskoe thermal field. It is suggested that thermal water from this field might be of a balneological usage. Long-term observations at this site revealed that the content of silicic acid is the principal therapeutic factor of this water.