

Пиратовские источники Мутновского геотермального месторождения (Камчатка, Россия)

Кузьмина А.А., Позолотина Л.А., Карташева Е.В., Сергеева А.В., Воронин П.О., Журавлев Н.Б., Мартыненко Д.О., Назарова М.А.

Pirate springs of the Mutnovsky geothermal field (Kamchatka, Russia)

Kuzmina A.A., Pozolotina L.A., Kartasheva E.V., Sergeeva A.V., Voronin P.O., Zhuravlev N.B., Martynenko D.O., Nazarova M.A.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;
e-mail: anastavalers@gmail.com*

Представлены характеристика химического состава выходов теплых вод на правом притоке р. Жировая (Мутновская геотермальная система), состав альгосообществ. Воды имеют температуру 16-22 °С, пресные, содержание микроэлементов ниже ПДК для питьевых вод. Среди микроводорослей доминируют нитчатые сине-зеленые водоросли *Phormidium sp.*, *Cymbella sp.*

Введение

Привлекательность Мутновского геотермального района для туристов обусловлена его уникальностью, живописным вулканическим ландшафтом, целым спектром различных проявлений вулканизма. В его пределах и окрестностях находятся несколько золотосеребряных месторождений: Асачинское, Родниковое, Мутновское, активный вулкан Мутновский, рядом расположена Мутновская ГеоЭС, обеспечивающая генерацию г. Петропавловск-Камчатский. В пределах Мутновского района сосредоточено множество горячих источников, в основном они приурочены к термальным полям, где можно увидеть вырывающиеся из-под земли парогазовые струи, пробулькивающие грязевые котлы, прогретые грунты с хрупкими недолговечными солевыми выцветами. Близость активного вулкана, месторождений драгметаллов, продуктивных резервуаров геотермальных систем, современных термальных полей, а также транспортная доступность, делает Мутновский геотермальный район популярным туристическим объектом, с ежегодной посещаемостью в десятки тысяч человек. Наиболее популярно термальное поле Дачное, расположенное около Мутновской ГеоЭС, которое прозвали «Малой Долиной Гейзеров».

Близость Мутновского района к населенным пунктам, использование геотермальных ресурсов, разработка месторождений, и в настоящее время – развитие туристического потенциала, обуславливает хорошую изученность Мутновского вулкана и окрестностей [1-3]. Однако многие потенциально интересные объекты Мутновского геотермального месторождения остаются малоизвестными для жителей и гостей полуострова, и отсюда – менее посещаемыми. В настоящей работе приводятся сведения о термоминеральных Пиратовских источниках, расположенных неподалеку от Верхне-Мутновской ГеоЭС, которые до сих пор остаются слабо изученными, но обладают замечательным туристическим потенциалом. Они расположены в живописном месте, путь к ним пролегает по альпийскому лугу с хорошими обзорными площадками, маршрут не требует серьезной физической подготовки. Пиратовские источники были открыты во время геологических работ в Мутновском районе, которые проводились в 1978 г. под руководством Декусар Зинаиды Борисовны. По рассказам, источники были обнаружены собакой по кличке Пират, которая своим лаем привлекла внимание маршрутной группы к выходам вод, и впоследствии их назвали в честь умного пса (устное сообщение А.В. Кирюхина).

Материалы и методы

Образцы для исследования отбирались в 2023 и 2024 гг. Пиратовские источники расположены на западном склоне горы Длинной, являющейся частью Жировского вулкана, в верхнем течении реки Правая Жировая, в 3 км к северу от Мутновской

ГеоЭС. Они представляют собой несколько безнапорных выходов термоминеральных вод в правом борту реки, на 1.5-2 м выше уреза воды (рис. 1). В ходе полевых работ были выполнены замеры pH, температуры, отобраны пробы воды.



Рис. 1. Вид по пути на Пиратовские источники (а), конец сентября 2019 г.; Пиратовские источники (б, в); отбор проб воды (б), август 2024 г.

Анализ макро- и микрокомпонентного состава был выполнен на базе Аналитического центра ИВиС ДВО РАН методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии, потенциометрии, колориметрии, титриметрии.

Русло ручьев покрыто колониями водорослей, образцы которых были отобраны для идентификации. Микроскопия образцов проводилась в Секторе коллективного использования научного оборудования КамчатГТУ.

Результаты

Воды Пиратовских источников пресные, слабощелочные или близнеутральные, кремнистые, преимущественно гидрокарбонатные или хлоридно-гидрокарбонатные, кальций-натриевые, с заметной долей магния в ионном составе (таблица). Температура ручья в 2023 г. была 16 °С, полевое показание pH порядка 6.60. В 2024 г. температура была несколько выше, 20.6-21.6 °С, полевое показание pH 8.05-8.55. Минерализация имеет порядок 100 мг/л, по составу воды ручьев можно отнести к минеральным природным столовым, которые отвечают требованиям, предъявляемым к водам для питья и приготовления пищи.

Таблица. Содержание основных макро- и микроэлементов в водах Пиратовских источников, мг/л

Обр.	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Br ⁻	I ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SiO ₂ общ.
1	7.89	20.50	11.2	4.43	0.13	0.06	5.93	2.21	1.85	0.58	50.3
2	7.83	24.41	11.2	4.0	0.12	0.04	6.80	2.23	1.99	0.67	48.2
3	7.04	25.63	<10.0	4.84	1.65	н/д	6.64	2.21	1.58	0.62	119.0
Микроэлементы, мг/л											
Обр.	Cd	Ba	V	Pb	Cr	Co	Ni	Cu	Mn	Zn	Ag
1	<0.001	0.0136	0.0291	<0.001	<0.001	<0.005	<0.001	0.0122	0.073	0.0194	0.0048
2	<0.001	<0.001	0.0277	<0.001	<0.001	<0.005	<0.001	0.0722	0.0200	0.0133	0.0020
ПДК	0.001	0.1	0.1	0.03	0.05	0.1	0.1	1.0	0.1	5.0	0.05

Примечание. н/д – нет данных.

Содержание брома лежит в пределах 0.12-1.65 мг/л, йода менее 1 мг/л. Тяжелые металлы, характерные для рудопроявлений Мутновского геотермального (рудного) района, в Пиратовских источниках практически не зафиксированы, либо находятся ниже предельно допустимых концентраций, установленных для питьевых вод. Есть следовые количества серебра, безопасные для здоровья. По сути, воды источников представляют собой сильно разбавленный глубинный флюид, характерный для Мутновских продуктивных резервуаров. Вероятно, генезис источников связан со смешением глубинных терм и вод метеорного происхождения. Состав в 2023 и 2024 гг. несколько различается, возможно, это отклик на погодные или климатические факторы.

Русла ручьев источников покрыты темно-зеленым ковром водорослей. В отобранных образцах преобладают нитчатые сине-зеленые водоросли *Phormidium sp.* Им сопутствуют пеннатные диатомовые водоросли, из которых доминирует *Cymbella sp.* (рис. 2).



Рис. 2. Пеннатные диатомовые водоросли: *Cymbella sp.*(а) и другие (б); нитчатые сине-зеленые водоросли рода *Phormidium* (в).

Заключение

На правобережье р. Жировая, неподалеку от Верхней Мутновской станции, расположены Пиратовские теплые источники, с почти пресными, слабоминерализованными водами, хлоридно-гидрокарбонатного кальций-натриевого состава. Русло источников выстлано ярко-зеленым ковром водорослей, среди которых диатомовые *Cymbella sp.*, нитчатые сине-зеленые водоросли *Phormidium*, которые безопасны и являются индикаторами отсутствия ксенобиотиков.

По содержанию макро- и микроэлементов воды этих источников отвечают требованиям, которые предъявляют к питьевым водам. Генезис Пиратовских

источников, по всей видимости, связан со смешением глубинного термального флюида и практически пресных метеорных вод.

Работа выполнена в рамках темы НИР ИВиС ДВО РАН № FWME-2024-0007, регистрационный номер 124032200001-3.

Список литературы

1. *Кирюхин А.В., Леонов В.Л., Слоцков И.Б. и др.* Моделирование эксплуатации участка Дачный Мутновского геотермального месторождения в связи с обеспечением теплоносителем Мутновской ГеоЭС 50 МВт // Вулканология и сейсмология. 2005. №. 5. С. 19-44.
2. *Кирюхин А.В., Усачева О.О.* Инверсионное моделирование естественного состояния и истории эксплуатации Мутновского геотермального месторождения 1986-2006 годов // Записки Горного института. 2017. Т. 224. С. 163-169.
3. *Кирюхин А.В., Шадрина С.В., Пузанков М.Ю.* Моделирование термогидрогеохимических условий формирования продуктивных резервуаров в вулканогенных породах // Вулканология и сейсмология. 2013. №. 2. С. 90-104.