

Термопроявления вулкана Эбеко (о. Парамушир, Курильские острова) и их рекреационно-туристский потенциал

© 2020 Р. В. Жарков

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

**E-mail: rafael_zharkov@mail.ru*

Резюме. Приводятся результаты исследований физико-химических и бальнеологических свойств термальных вод и гидротермальной (сопочной) грязи влк. Эбеко (о. Парамушир, Курильские острова). Для оценки рекреационно-туристского потенциала выбраны наиболее представительные объекты. Ультракислый источник № 1 Верхнеюрьевской группы имеет температуру 88 °С, его минерализованные ($M = 13$ г/л) хлоридно-сульфатные воды содержат в повышенных концентрациях биологически активные элементы (Si, B, Br, Fe^{2+}). Гидротермы Верхнеюрьевских термальных источников можно условно отнести к Гайскому типу группы кислых вод и рекомендовать для наружного применения при лечении и профилактике широкого спектра заболеваний. Учитывая сложность маршрута к источникам, рассматривается реальное развитие этой территории не как бальнеотерапевтического комплекса, а как объекта рекреационно-туристской деятельности. Аналогичная ситуация с ультракислым сульфатным термальным источником на Северо-Восточном сольфатарном поле. Кроме гидротерм в нем наблюдаются маломощные отложения гидротермальной грязи, использовать которую в качестве лечебной практически невозможно из-за ее недостаточно хороших физических показателей и относительно малого объема. Наиболее перспективны для рекреации и бальнеотерапии глубинные гидротермы, вскрытые скважиной П-2 в районе г. Северо-Курильск. Температура гидротерм в 2014 г. составляла 82 °С, вода минерализованная ($M = 8.6$ г/л) хлоридно-гидрокарбонатная натриевая, слабощелочная (рН 7.6), с повышенным содержанием биологически активных компонентов (Si, B, Br). По физико-химическим свойствам гидротермы скважины П-2 можно условно отнести к Лазаревскому гидрохимическому типу лечебных питьевых вод хлоридно-гидрокарбонатной натриевой группы, а в качестве наружного (бальнеологического) применения они условно близки к Кульдурскому типу кремнистых термальных вод различного ионного состава.

Ключевые слова: остров Парамушир, вулкан Эбеко, термальные воды, гидротермальные грязи, бальнеология, рекреация, туризм

Thermal fields of the Ebeko volcano (Paramushir Island, Kuril Islands) and their recreational and tourist potential

Rafael V. Zharkov

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

**E-mail: rafael_zharkov@mail.ru*

Abstract. The paper provides with the research results of physicochemical and balneological properties of thermal waters and hydrothermal mud of the Ebeko volcano (Paramushir Island, Kuril Islands). To assess recreational and tourist potential, we sample the most intensive thermal waters outputs. Ultra-acidic spring no. 1 of the Verkhne-Yuryeva group has a temperature of 88 °C, its mineralized ($M = 13$ g/l) chloride-sulfate waters contain biologically active elements in elevated concentrations (Si, B, Br, Fe^{2+}). Thermal waters of the Verkhne-Yuryeva springs can be roughly attributed to the Gaisky type of the acid water group and recommended for external use in the treatment and prevention of a wide range of diseases. Given the

complexity of the route to the springs, the real development of this territory is considered not as a balneotherapy complex, but as an object of recreational and tourist activities. A similar situation is with an ultra-acidic sulfate thermal spring in the North-Eastern solfataric field. In addition to hydrotherms, it contains thin deposits of hydrothermal mud, which is almost impossible to use as a therapeutic due to its insufficiently good physical indicators and relatively small volume. The most promising deep hydrotherms for recreation and balneotherapy are opened by a well P-2 in the area of Severo-Kurilsk. In 2014, the hydrotherms temperature was 82 °C, mineralized water (M – 8.6 g/l) chloride-hydrocarbonate sodium, slightly alkaline (pH 7.6), with an elevated content of biologically active components (Si, B, Br). According to the physical and chemical properties, the thermal waters of well P-2 can be tentatively attributed to the Lazarevsky hydrochemical type of therapeutic drinking water of chloride-hydrocarbonate sodium group, and as an external (balneological) use, they are tentatively close to the Kuldur type of siliceous thermal waters of various ion composition.

Keywords: Paramushir Island, Ebeko volcano, thermal waters, hydrothermal mud, balneology, recreation, tourism

Для цитирования: Жарков Р.В. Термопроявления вулкана Эбеко (о. Парамушир, Курильские острова) и их рекреационно-туристский потенциал. *Геосистемы переходных зон*, 2020, т. 4, № 4, с. 514–525. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.514-525>

For citation: Zharkov R.V. Thermal fields of the Ebeko volcano (Paramushir Island, Kuril Islands) and their recreational and tourist potential. *Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 4, pp. 514–525. (In Russ., abstr. in Eng.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.514-525>

Благодарности и финансирование

Автор выражает глубокую благодарность Л.В. Котенко, Т.А. Котенко, М.Л. Котенко, Г.Л. Панину, М.В. Мазуренко, Е.Г. Калачевой за неоценимую помощь при проведении полевых исследований на о. Парамушир в 2014 г.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН и государственного контракта с Министерством здравоохранения Сахалинской области.

Acknowledgements and Funding

Author is grateful to L.V. Kotenko, T.A. Kotenko, M.L. Kotenko, G.L. Panin, M.V. Mazurenko, E.G. Kalacheva for invaluable help in field works carrying out on Paramushir Island in 2014.

The work is carried out within the framework of state assignment IMGG FEB RAS and state contract with the Ministry of health of the Sakhalin Region.

Введение

Вулкан Эбеко (1156 м), расположенный на севере о. Парамушир, является одним из самых активных вулканов на Курильских островах. История формирования вулкана и его активность в XX–XXI вв. достаточно хорошо изучены [Горшков, 1967; Меняйлов и др., 1992; Мелекесцев и др., 1993 а, б; Котенко и др., 2007, 2018; Рыбин и др., 2016, 2018; Дегтерев, Чибисова, 2020; Фирстов и др., 2020; и др.]. В пределах сложной постройки вулкана выделяются 3 вершинных кратера, внутри и на внешних склонах которых расположено несколько сольфатарных полей с выходами сольфатарных газов со средней температурой 100–110 °C и разных по физико-химическим характеристикам термальных вод. Изучение особенностей сольфатарной и гидротермальной деятельности влк. Эбеко началось в 1950-х гг. и продолжа-

ется до настоящего времени [Иванов, 1957; Нехорошев, 1960; Зеленов и др., 1965; Мархинин, Стратула, 1977; Меняйлов и др., 1988, 1992; Белоусов и др., 2002; Чудаев, 2003; Рычагов и др., 2004; Котенко, Котенко, 2006; Chudaev et al., 2006; Бортникова и др., 2006; Панин и др., 2010; Газогидротермы... , 2013; Калачева, Котенко, 2013; Kalacheva et al., 2016; Taran et al., 2018; Kalacheva, Taran, 2018; Калачева, Таран, 2019].

Автором в августе 2014 г. в рамках реализации государственного контракта Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск) с Министерством здравоохранения Сахалинской области проводились исследования на влк. Эбеко. Цель исследований заключалась в выявлении физико-химических особенностей термопроявлений района с упо-

ром на оценку перспектив их использования в бальнеологии и рекреационно-туристской деятельности. Для выполнения поставленной цели необходимо было выполнить тепловизионную съемку объектов изучения; провести отбор проб термальных вод и гидротермальных грязей для последующих лабораторных физико-химических и микробиологических исследований; дать оценку перспектив использования исследуемых объектов. Исследования микробиологических показателей гидротерм и оценка их рекреационного потенциала ранее не проводились.

Для оценки перспективных рекреационных ресурсов влк. Эбеко было выбрано несколько известных и относительно доступных объектов: Верхнеюрьевские термальные источники, термальные источники Северо-Восточного сольфатарного поля и действующая на тот момент скважина П-2 с гидротермами в 1.5 км от г. Северо-Курильск (рис. 1). В ходе полевых работ была проведена тепловизионная съемка объектов изучения, отобраны пробы термальных вод и гидротермальных грязей для последующих лабораторных исследований и оценки перспектив их использования. Материалы по физико-химическим показателям и основным бальнеологическим рекомендациям частично были опубликованы в справочном издании Владивостокского филиала Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыха-

ния – Научно-исследовательского института медицинской климатологии и восстановительного лечения (ДНЦ ФПД – НИИМКВЛ), специалисты которого выполняли исследования по заказу ИМГиГ ДВО РАН [Челнокова, Гвозденко, 2017]. В представленной нами работе более детально рассмотрены физико-химические показатели исследуемых гидротермальных проявлений и даны конкретные рекомендации по возможности их использования в качестве рекреационно-туристских объектов.

Методы исследований

В ходе полевых исследований на влк. Эбеко автором с помощью GPS-приемника определены координаты основных источников и сольфатар. Полевые замеры температуры выполняли электронным термометром Digital-K8803 с точностью измерения 0.1 °С. Инфракрасную (тепловизионную) съемку участков с выходами гидротерм проводили с помощью тепловизора SAT SDS Hotfind-LXS. Полученные термограммы позволяют выявить характер распределения температур на поверхности исследуемого участка местности.

Был произведен отбор проб термальных вод и глинистых отложений источников и по заказу ИМГиГ ДВО РАН проведены лабораторные исследования. Полный химический анализ гидротерм, краткий физико-химический анализ грязи и количественный химический анализ

грязевого отжима выполнены в 2014 г. аккредитованной лабораторией ОАО «Приморгеология» (г. Владивосток) по стандартным методикам. Микробиологические исследования выполнены в испытательной лаборатории филиала Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» (г. Северо-Курильск). На основе полученных результатов по заказу ИМГиГ ДВО РАН Владивостокским филиалом ДНЦ ФПД – НИИМКВЛ разработаны бальнеологические заключения и даны рекомендации по практическому использованию исследуемых гидротерм

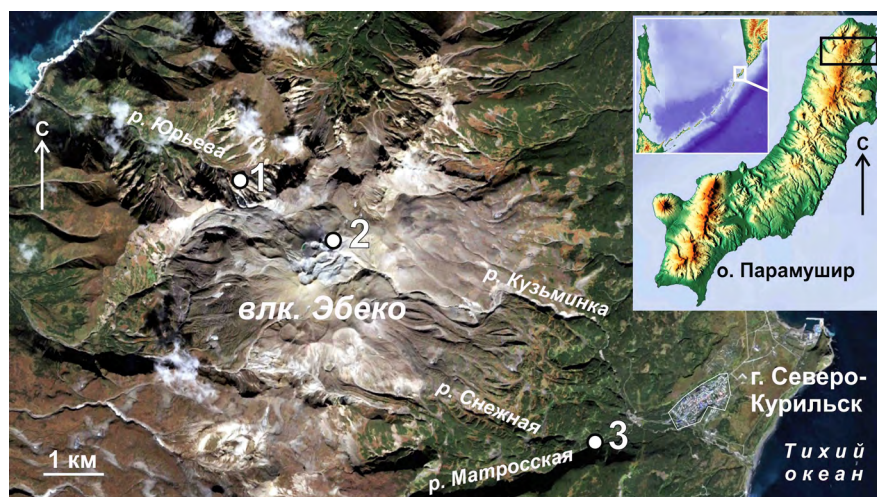


Рис. 1. Схема расположения объектов исследований на влк. Эбеко (Google Earth, космический снимок от 26.10.2012 г.). 1 – Верхнеюрьевский термальный источник; 2 – термальный источник Северо-Восточного сольфатарного поля; 3 – скважина П-2.

Figure 1. Scheme of study objects location on the Ebeko volcano (Google Earth, space image from 26.10.2012). 1 – Verkhne-Yuryeva thermal spring; 2 – thermal spring of the North-Eastern solfataric field; 3 – well P-2.

и грязей [Челнокова, Гвозденко, 2017]. Рекомендации даны исходя из ГОСТ Р 54316–2011¹ и методических указаний², которые отменены в 2007 г., но за неимением действующего документа неформально используются.

Результаты и обсуждение

Верхнеюрьевские термальные источники

Верхнеюрьевские термальные источники расположены северо-западнее Северного кратера влк. Эбеко в верховьях р. Юрьева и приурочены к разрушенной постройке влк. Влодавца. Абсолютная отметка выходов вод – около 500 м над ур. м. Общая протяженность участка около 700 м. Детальные схемы расположения термальных источников представлены в работах [Мархинин, Стратула, 1977; Калачева, Котенко, 2013; Kalacheva et al., 2016]. Первые выходы вод отмечаются в двух распадках, являющихся истоками р. Юрьева. Правый распадок берет начало у вершины с отметкой 1019 м. Левый распадок – глубокий овраг на очень крутом склоне горы Зеленая. Выходы парогазовых струй (рис. 2) приурочены к останцу лав между двумя холодными ручьями, питающимися за счет таяния снежников горы Зеленая. Ниже, у слияния этих ручьев, находится самый высокотемпературный источник всей группы – источник № 1 по [Мархинин, Стратула, 1977].



Рис. 2. Верхнеюрьевская группа термальных источников в районе источника № 1.

Figure 2. Verkhne-Yuryeva group of the thermal springs in the vicinity of spring no. 1.

Ниже по течению ручья из трещин в его бортах наблюдается множество незначительных выходов гидротерм, парение которых особенно заметно в прохладную безветренную погоду (рис. 2).

Исследованный нами в 2014 г. источник № 1 с дебитом ~1 л/с и температурой 88 °С расположен в приустьевой части холодного ручья. Вода с редкими пузырьками спонтанного газа изливается из трещин (рис. 3) в гидротермально измененных породах с налетами ярко-желтой серы. Термальная вода источника № 1 минерализованная (М – 13 г/л), хлоридно-сульфатная со сложным катионным составом (табл. 1), кремнистая, борная, с высоким содержанием железа и алюминия (табл. 2), с ультракислой реакцией среды (рН 1.1). За период исследований этого источника с 1950-х годов существенных изменений физико-химических показателей не отмечается, за исключением более высокой минерализации гидротерм (17–20 г/л) в те годы. По результатам анализов 1955–1962 гг. [Мархинин, Стратула, 1977] соотношения основных ионов в гидротермах сопоставимы как с нашими результатами, так и с данными коллег [Kalacheva et al., 2016], проводивших в 2014 г. полевые исследования на влк. Эбеко.

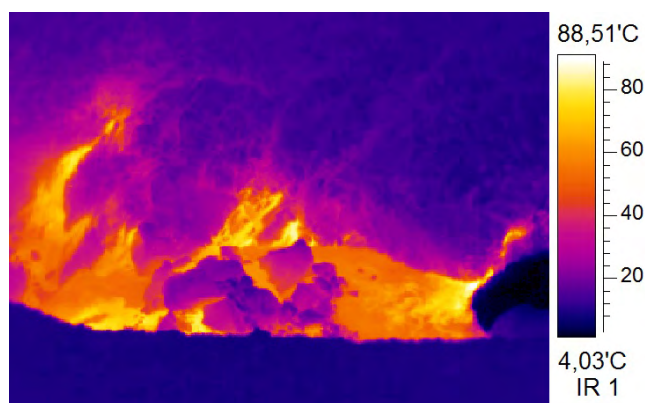


Рис. 3. Тепловизионный снимок термального источника № 1 Верхнеюрьевской группы. Справа (темный цвет) видна устьевая часть холодного ручья.

Figure 3. Thermal image of the thermal spring no. 1 of the Verkhne-Yuryeva group. On the right (dark color), there is the mouth of a cold stream.

¹ ГОСТ Р 54316–2011. *Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия*. М.: Стандартинформ, 2011, 48 с. GOST R 54316–2011. [Drinking natural mineral waters. General specifications]. Moscow: Standartinform, 2011, 48 p.

² Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации: Метод. указания № 2000/34. Москва: Мин-во здравоохранения Российской Федерации, Рос. научный центр восстановительной медицины и курортологии, 2000. [Classification of mineral waters and therapeutic mud for the purpose of their certification: Methodical guidelines no. 2000/34]. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation, Russian Scientific Centre of Medical Rehabilitation and Balneology, 2000.

Микробиологическими исследованиями в лаборатории филиала Центра гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области (г. Северо-Курильск) определено, что бактериологические показатели гидротерм Верхнеюрьевского источника вкл. Эбеко соответствуют требованиям и нормам МУК 4.2.1884-04: общие колиформные бактерии (в 100 мл) менее 500 КОЕ (при величине допустимого уровня не более 500 КОЕ); термотолерантные колиформные бактерии (в 100 мл) менее 100 КОЕ (допустимый уровень не более 100 КОЕ); возбудители кишечных инфекций не обнаружены (не допускаются).

Верхнеюрьевские термальные источники относительно доступны, посещаются немногочисленными группами местных жителей, туристов и ученых. Пеший маршрут к источникам от г. Северо-Курильск имеет протяженность около 10 км, перепад высот до 1000 м, в зависимости от физической подготовки может занимать несколько часов. Часть маршрута можно проехать на квадроциклах. Воды

Верхнеюрьевских термальных источников, в связи с ультракислой реакцией среды, можно рекомендовать только для наружного бальнеологического применения. Согласно названной выше Классификации минеральных вод, данные термы в бальнеологическом отношении можно условно отнести к Гайскому типу группы кислых вод с высоким содержанием металлов [Челнокова, Гвозденко, 2017]. По аналогии с Гайским типом воды возможно наружное применение в виде ванн и купаний при лечении и профилактике функциональных болезней нервной системы, болезней костно-мышечной, мочеполовой системы, заболеваний кожи. Учитывая небольшой поток посетителей Верхнеюрьевской группы термальных источников и сложность маршрута к ним, ожидать в обозримом будущем реальное развитие этой территории как бальнеотерапевтического комплекса не приходится. Долину р. Юрьева можно рассматривать как объект развития рекреационно-туристской деятельности.

Таблица 1. Химический состав термальных вод вулкана Эбеко

Table 1. Chemical composition of the thermal waters of the Ebeko volcano

Компонент	мг/л (% экв.)			Шифр методики
	1	2	3	
Na ⁺	306.0 (24)	26.8 (13)	2760.0 (95)	ГОСТ 23268.6-78
K ⁺	127.0 (6)	27.9 (8)	91.0 (2)	ГОСТ 23268.7-78
Ca ²⁺	377.0 (34)	46.1 (25)	40.5 (2)	ГОСТ 23268.5-78
Mg ²⁺	166.0 (25)	6.3 (5)	19.0 (1)	»
NH ₄ ⁺	15.2 (2)	12.1 (7)	<0.50 (–)	ГОСТ 23268.10-78
Fe ²⁺	<0.05 (–)	<0.05 (–)	<0.05 (–)	ГОСТ 23268.11-78
Fe ³⁺	92.0 (9)	71.0 (42)	<0.05 (–)	»
Σ катионов	1083.2 (100)	190.20 (100)	2910.50 (100)	–
Cl [–]	2998.0 (32)	339.0 (5)	2815.0 (63)	ГОСТ 23268.17-78
SO ₄ ^{2–}	8797.0 (68)	8991.0 (95)	70.0 (2)	ГОСТ 23268.4-78
NO ₃ [–]	<0.2 (–)	75.0 (–)	31.0 (–)	ГОСТ 23268.9-78
NO ₂ [–]	<0.2 (–)	<0.20 (–)	<0.20 (–)	ГОСТ 23268.8-78
CO ₃ ^{2–}	<6.0 (–)	<6.0 (–)	<6.0 (–)	ГОСТ 23268.2-78
HCO ₃ [–]	<5.0 (–)	<5.0 (–)	2696.0 (35)	ГОСТ 23268.3-78
Σ анионов	11 795.0 (100)	9405.0 (–)	5612.0 (100)	–
M	13 034.4	9712.2	8564.5	–
T, °C	88.0	90.0	82.0	–
pH	1.14	1.06	7.65	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97

Примечания. %-экв – процент-эквивалент иона в общей сумме катионов или анионов. Здесь и в табл. 2: 1 – Верхнеюрьевский термальный источник № 1; 2 – термальный источник Северо-Восточного сольфатарного поля; 3 – гидротермы скважины П-2. Прочерк – нет данных. Анализы выполнены в 2014 г. в Центральной лаборатории ОАО «Приморгеология» (г. Владивосток), начальник лаборатории Т.Б. Горбенко.

Note. Here and in the table 2: 1 – the Verkhne-Yuryeva thermal spring no.1; 2 – thermal spring of the North-Eastern solfataric field; 3 – hydrotherms of well P-2. Dash – no data available. The analysis were performed in 2014 in the Central laboratory of the ОАО “Primorgeologiya” (Vladivostok), chief of the laboratory T.B. Gorbenko.

Для рекреации (отдыха, восстановления) русла ручьев в местах выходов гидротерм подпруживают, смешивая холодную и термальную воду в пропорциях, комфортных для купаний в неглубоких естественных ваннах. Здесь важно грамотно провести подпруживание, чтобы не нанести ущерб окружающим ландшафтам с термальными источниками. С таким подхо-

дом рекреацию можно совместить с экологическим познавательным туризмом и активно развивать рекреационно-туристскую деятельность. При возможном увеличении потока посетителей необходимо провести комплексные эколого-географические исследования для оценки воздействия рекреационной нагрузки на территорию и дать рекомендации по ее

Таблица 2. Содержание микрокомпонентов в гидротермах вулкана Эбеко, мг/л

Table 2. Content of microelements in the hydrotherms of the Ebeko volcano, mg/l

Компонент	Содержание (Погрешность)			Шифр методики
	1	2	3	
Al	540.0 (± 73.0)	Не опр.	0.53 (± 0.07)	ГОСТ 31870-12
Ba	0.144 (± 0.024)	Не опр.	0.93 (± 0.12)	»
Be	<0.0001 (-)	Не опр.	<0.0001 (-)	ГОСТ 18294-89
B	10.8 (± 0.9)	10.7 (± 0.9)	30.6 (± 2.6)	ГОСТ 51210-98
Br	8.50 (± 0.36)	12.2 (± 0.5)	113 (± 5)	ГОСТ 23268.15-78
V	0.80 (± 0.10)	Не опр.	<0.01 (-)	ГОСТ 31870-12
Bi	<0.01 (-)	Не опр.	<0.01 (-)	»
W	<0.01 (-)	Не опр.	<0.01 (-)	»
Si	156.0 (± 20.0)	117.0 (± 15.0)	42.0 (± 5.0)	»
Fe(II)	163.0 (± 14.0)	Не опр.	0.180 (± 0.036)	ГОСТ 23268.11-78
Fe(III)	<0.05 (-)	Не опр.	<0.05 (-)	»
I	<0.10 (-)	<0.10 (-)	<0.10 (-)	ГОСТ 23268.16-78
Cd	0.083 (± 0.017)	0.032 (-)	<0.0001 (-)	ГОСТ 31870-12
Co	<0.05 (-)	4.11 (-)	<0.05 (-)	»
Li	0.229 (± 0.035)	Не опр.	1.28 (± 0.19)	»
Mn	4.7 (± 0.7)	6.68 (-)	0.042 (± 0.011)	»
Cu	<0.005 (-)	36.38 (-)	<0.005 (-)	»
Mo	<0.001 (-)	Не опр.	0.39 (± 0.06)	»
As	<0.002 (-)	Не опр.	<0.002 (-)	ГОСТ 23268.14-78
Ni	0.59 (± 0.07)	Не опр.	1.1 (± 0.14)	ГОСТ 31870-12
Hg	0.00236 (± 0.00034)	0.0072 (-)	0.0029 (± 0.0004)	ПНД Ф 14.1:2:20-95
Pb	1.77 (± 0.30)	2.91 (-)	<0.001 (-)	ГОСТ 31870-12
Se	<0.0001 (-)	Не опр.	<0.0001 (-)	ГОСТ 19413-89
Ag	<0.005 (-)	Не опр.	<0.005 (-)	ГОСТ 31870-12
Sr	5.9 (± 0.7)	Не опр.	5.0 (± 0.6)	ГОСТ 23950-88
Sb	<0.005 (-)	Не опр.	0.24 (± 0.04)	ГОСТ 31870-12
U	0.056 (± 0.009)	Не опр.	<0.002 (-)	ПНД Ф 14.1:2:4.38-95
PO ₄	<0.25 (-)	Не опр.	<0.25 (-)	ГОСТ 18309-72
F	9.2 (± 0.6)	Не опр.	9.2 (± 0.6)	ГОСТ 23868.18-78
Cr	1.49 (± 0.19)	Не опр.	<0.001 (-)	ГОСТ 31870-12
Zn	1.04 (± 0.16)	11.07 (-)	<0.005 (-)	»

Примечание. Не опр. – микроэлемент не определялся.
Note. Не опр. – microelement were not identified.

устойчивому развитию, как это было сделано, например, на Камчатке [Голубева, Завадская, 2012; Завадская, Голубева, 2013; Завадская, Яблоков, 2014]. Кроме антропогенного фактора необходимо учитывать и природные катастрофические процессы, такие как извержения влк. Эбеко, мощные циклоны, приводящие к русловой эрозии, селям и оползням в долине р. Юрьева.

Термальные источники Северо-Восточного сольфатарного поля

В пределах Северо-Восточного сольфатарного поля отмечено множество сольфатар с температурой до 100 °С и несколько термальных источников. В 1950-х гг. здесь отмечалась активизация сольфатарной деятельности, ультракислые (рН 0.03–0.09) термальные источники имели высокую минерализацию (43.4–50.9 г/л), преимущественно хлоридный анионный состав, среди катионов преобладал водород [Мархинин, Стратула, 1977]. Детальные схемы Северо-Восточного сольфатарного поля, характеристики термальных источников и сольфатар представлены в работах [Мархинин, Стратула, 1977; Kalacheva et al., 2016].

Один из самых крупных источников был опробован нами в 2014 г. Источник представляет собой «кипящий» котел размером 1 × 1 м, врезанный в подножие склона и окруженный сольфатарными выходами (рис. 4).

Из котла выбрасываются струйки воды на высоту 20–40 см и небольшим ручейком вытекают гидротермы с температурой более 90 °С (рис. 5). В русле ручейка на участке примерно 1.5 × 2 м отлагаются глинистые осадки се-

рого цвета. Мощность глинистых отложений 5–20 см. Отжим из этих отложений относится к ультракислым (рН 1.06) сульфатным водам со сложным катионным составом (табл. 1), относительно высоким содержанием кремния (117 мг/л), общая минерализация составляет 9.7 г/л. Микроэлементный состав определялся (табл. 2) для нескольких элементов, среди которых были биологически активные микроэлементы (Br – 12.2, В – 10.7, I – менее 0.1 мг/л) (табл. 2). Химический состав отжима существенно отличается от состава опробованных в 1959 г. Е.К. Мархониным источников [Мархинин, Стратула, 1977], но хорошо согласуется с физико-химическими данными коллег, проводивших исследования в августе 2014 г. [Kalacheva et al., 2016].

Для определения возможности бальнеологического использования глинистых отложений был проведен комплекс физико-химических исследований. Внешние признаки данной гидротермальной (сопочной) грязи: однородная грязевая масса светло-серого цвета, имеет слабый исчезающий запах сероводорода. Физико-химические показатели грязи соответствуют некоторым основным нормам для лечебных гидротермальных грязей. Влажность изменяется от 43.74 до 51.28 % (при норме для сопочной грязи 40–80 % по Классификации минеральных вод 2000 г.), объемный вес – 1.55 г/дм³. Засоренность минеральными включениями диаметром >0.25 мм невысокая – 0.13 % (на сырую грязь) [Челнокова, Гвозденко, 2017].

Относительно низкая липкость исследуемой грязи (при 25 °С составляет всего



Рис. 4. Термальный источник Северо-Восточного сольфатарного поля.

Figure 4. Thermal spring of the North-Eastern solfataric field.

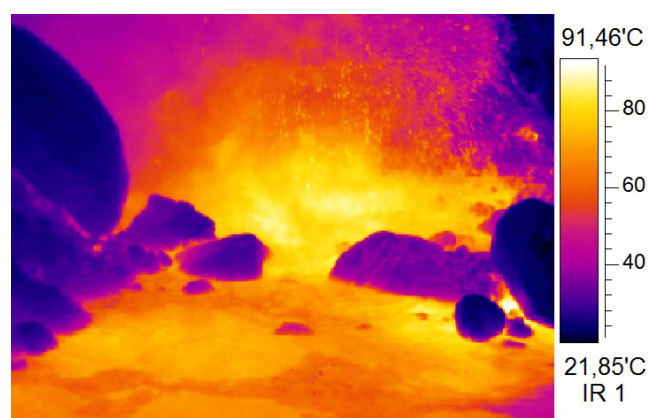


Рис. 5. Тепловизионный снимок исследуемого источника Северо-Восточного сольфатарного поля.

Figure 5. Thermal image of the investigated spring of the North-Eastern solfataric field.

1109 дин/см²), величина сопротивления сдвигу (962 дин/см²), не соответствующая норме (1500–2500 дин/см² для грязей, подготовленных к процедурам), и невысокая теплоемкость (0.61 кал/г·град при норме 0.8–0.9 кал/г·град) в исследуемых грязях уменьшают возможность использовать их для аппликаций на кожные покровы. Поэтому практическое применение термальных вод и грязей данного источника в бальнеотерапевтической деятельности представляется невозможным. Сами термальные воды источника, которые небольшим ручейком стекают в долину р. Кузьминка, можно было бы использовать по аналогии с Верхнеюрьевскими термами, но из-за их небольшого дебита это нецелесообразно. Применение гидротермальной грязи в качестве лечебной также маловероятно из-за недостаточно хороших физических показателей и относительно малого объема в источнике. В связи с этим Северо-Восточное сольфатарное поле, самое доступное из всех сольфатарных полей влк. Эбеко, перспективно в качестве объекта экологического и научного туризма. Стоит отметить, что в последнее время район Северо-Восточного сольфатарного поля подвергается воздействию эруптивной активности влк. Эбеко, новая фаза которой началась в октябре 2016 г. и продолжается до сих пор [Фирстов и др., 2020]. В результате мощных эксплозий термальные источники и сольфатары поля могут серьезно пострадать, вплоть до погребения пирокластическими отложениями.

Гидротермы скважины П-2

В 1.5 км к западу от г. Северо-Курильск расположена скважина П-2 (рис. 6), пробуренная в начале 1990-х годов при поиске геотермального месторождения. Из трех пробуренных с учетом геофизических данных глубоких скважин (П-1, П-2 и ГП-3) только скважина П-2 вскрыла низкотемпературные термальные воды (80 °С на устье). По данным изучения скважины П-2 известно, что ее расход уменьшается в связи с зарастанием ствола карбонатными отложениями (от 5 л/с после окончания бурения и до 0.8 л/с через 4 года). Последнее свидетельствует о присутствии в глубинных гидротермах значительных содержаний углекислого газа, который в восходящем потоке переходит в свободную газовую фазу [Рычагов и др., 2004].

По нашим данным, в 2014 г. температура гидротерм на устье скважины составляла 82 °С, дебит около 1 л/с, вода минерализованная (М – 8.6 г/л) хлоридно-гидрокарбонатная натриевая (табл. 1), слабощелочная (рН 7.6). В воде присутствуют в повышенных концентрациях следующие микрокомпоненты, в том числе биологически активные (мг/л): Si – 42.0; В – 30.6; Br – 113; Li – 1.28; Ni – 1.1; Hg – 0.0029; Sr – 5.0; F – 9.2 (табл. 2). Полученные результаты сопоставимы с данными коллег, проводивших опробования гидротерм скважины П-2 в августе 2014 г. [Kalacheva et al., 2016].

Несмотря на антисанитарные условия вокруг скважины П-2, бактериологические показатели в августе 2014 г. соответствовали требованиям и нормам МУК 4.2.1018-01: общее микробное число (КОЕ в 1 мл) менее 50 КОЕ (допустимый уровень не более 50 КОЕ); общие колиформные бактерии (в 100 мл) не обнаружены (норма – отсутствие); термотолерантные колиформные бактерии (в 100 мл) не обнаружены (отсутствие); возбудители кишечных инфекций (в 100 мл) не обнаружены (отсутствие).

Согласно ГОСТ Р 54316–2011, термальные воды скважины П-2 можно условно отнести [Челнокова, Гвозденко, 2017] к Лазаревскому гидрохимическому типу лечебных вод XXVa хлоридно-гидрокарбонатной натриевой группы, имеющей широкий спектр показаний для внутреннего применения. Данные гидротермы можно использовать по назначению врача при болезнях пищевода, хроническом гастрите, болезнях печени, желчного пузыря и желчевыводящих путей, поджелудочной железы, при нарушениях органов пищеварения после оперативных вмешательств, болезнях обмена



Рис. 6. Состояние гидротермальной скважины П-2 в 2014 г.

Figure 6. Condition of the hydrothermal well P-2 in 2014.

веществ. Для наружного бальнеологического применения гидротерм скважины П-2 аналогом условно можно считать Кульдурский тип кремнистых термальных вод различного ионного состава³. Воды этого типа рекомендуется использовать в виде ванн при болезнях системы кровообращения, болезнях нервной, костно-мышечной, эндокринной, мочеполовой систем, болезнях кожи, расстройстве питания и нарушении обмена веществ (ожирение алиментарное). Для уточнения клинических рекомендаций применения гидротерм в лечебно-профилактических целях необходимы дальнейшие комплексные экспериментально-клинические испытания под руководством специалистов аккредитованных организаций.

После мощного циклона в сентябре 2017 г., приведшего к паводкам в долине р. Матросская, устьевую часть скважины и грунтовую дорогу от нее до г. Северо-Курильск занесло мощными аллювиальными отложениями. В случае расчистки дороги и восстановления скважины ее гидротермы могут быть использованы для рекреации и бальнеотерапии. Можно предложить несколько вариантов рационального развития этой территории. Например, в районе скважины обустроить небольшой комплекс с термальными ваннами и/или бассейном для рекреации местных жителей и туристов. Более затратный и сложный вариант – с помощью трубопровода подвести гидротермы от скважины до города с размещением бальнеологического комплекса непосредственно в Северо-Курильске. Здесь возникнут сложности с прокладкой трубопровода в долине р. Матросская и его возможным повреждением паводками, зарастанием трубы карбонатными отложениями, малым дебитом и остыванием гидротерм при прохождении по трубопроводу и т.д. По данным [Рычагов и др., 2004], в междуречье рек Матросская и Снежная может быть широко распространен горизонт напорных хлоридных вод с температурами не менее 150–200 °С на глубинах от 300–400 до 800–1000 м. При заинтересованности государственных структур или частных инвесторов в развитии рекреационно-туристской деятельности на о. Парамушир может быть реализован вариант бурения в этом районе дополнительной скважины с хорошим дебитом и высокой температурой гидротерм.

Заключение

В результате проведенных комплексных исследований основных гидротермальных проявлений влк. Эбеко впервые были рассмотрены перспективы их бальнеологического и рекреационного использования. Теоретически, кислые термоминеральные воды и гидротермальные грязи привершинной части влк. Эбеко имеют бальнеологический потенциал, но на практике в обозримом будущем его применение нецелесообразно. Сольфатарные поля и группы термальных источников можно рассматривать как объекты развития рекреационно-туристской деятельности, но с обязательным условием минимального антропогенного воздействия на ландшафты. Перспективны в бальнеотерапевтическом отношении глубинные термальные воды на периферии влк. Эбеко, вскрытые скважиной П-2 в 1.5 км от г. Северо-Курильск. По физико-химическим свойствам гидротермы скважины условно относятся к Лазаревскому гидрохимическому типу лечебных питьевых вод хлоридно-гидрокарбонатной натриевой группы, а в качестве наружного (бальнеологического) применения их можно использовать по аналогии с Кульдурским типом кремнистых термальных вод различного ионного состава. Эти гидротермы предварительно можно рекомендовать для внутреннего и наружного применения при лечении и профилактике широкого спектра заболеваний, но для уточнения клинических рекомендаций обязательны комплексные экспериментально-клинические испытания под руководством специалистов аккредитованных организаций. После проведения медицинских экспериментально-клинических исследований можно будет детализовать схему и показания к наружному или внутреннему приему гидротерм. Развитие данной территории может пойти по нескольким вариантам, в зависимости от желания и возможностей частных инвесторов и/или государственных структур. Наиболее рациональным в настоящее время представляется вариант восстановления существующей скважины П-2 и оборудование небольшого рекреационного комплекса с термальными ваннами и/или бассейном для отдыха местных жителей и туристов.

³Классификация минеральных вод..., 2000. [Classification of mineral waters..., 2000]

Список литературы

1. Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М. **2002**. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая конвективная система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы. *Вулканология и сейсмология*, 1: 34–50.
2. Бортникова С.Б., Бессонова Е.П., Трофимова Л.Б. Котенко Т.А., Николаева И.В. **2006**. Гидрогеохимия газогидротермальных источников вулкана Эбеко (о-в Парамушир). *Вулканология и сейсмология*, 1: 39–51.
3. *Газогидротермы активных вулканов Камчатки и Курильских островов: состав, строение, генезис*. **2013**. Авторы: Бортникова С.Б., Бессонова Е.П., Гора М.П., Шевко А.Я., Панин Г.Л., Жарков Р.В., Ельцов И.Н., Котенко Т.А., Бортникова С.П., Манштейн Ю.А. и др. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 282 с.
4. Голубева Е.И., Завадская А.В. **2012**. Потенциал устойчивого развития рекреационного природопользования на особо охраняемых природных территориях Камчатского края. *Вестник Национальной академии туризма*, 4(24): 43–47.
5. Горшков Г.С. **1967**. *Вулканы Курильской островной дуги*. М.: Наука, 287 с.
6. Дегтерев А.В., Чибисова М.В. **2020**. Вулканическая активность на Курильских островах в 2019 г. *Геосистемы переходных зон*, 4(1): 93–102. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.093-102>
7. Завадская А.В., Голубева Е.И. **2013**. Природные комплексы гидротермальных систем Камчатки как объекты рекреации и туризма. *География и природные ресурсы*, 4: 46–51.
8. Завадская А.В., Яблоков В.М. **2014**. Эколого-географические основы рекреационного использования термальных экосистем (на примере долины р. Гейзерной). В кн.: *Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника*, Воронеж: СТП, 190–208.
9. Зеленев К.К., Ткаченко Р.П., Канакина М.Л. **1965**. Перераспределение рудообразующих элементов в процессе гидротермальной деятельности вулкана Эбеко (о. Парамушир). *Труды ГИН АН СССР*, 141: 140–167.
10. Иванов В.В. **1957**. Современная гидротермальная деятельность вулкана Эбеко на острове Парамушир. *Геохимия*, 1: 63–77.
11. Калачева Е.Г., Котенко Т.А. **2013**. Химический состав вод и условия формирования Верхне-Юрьевских термальных источников (о. Парамушир, Курильские острова). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 22(2): 55–68.
12. Калачева Е.Г., Таран Ю.А. **2019**. Процессы, контролирующие изотопный состав (δD и $\delta^{18}O$) термальных вод Курильской островной дуги. *Вулканология и сейсмология*, 4: 3–17. doi:10.31857/S0203-0306201943-17
13. Котенко Т.А., Котенко Л.В. **2006**. Гидротермальные проявления и тепловой поток вулканов Эбеко и Крашенинникова (о. Парамушир, Курильские о-ва). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 7(1): 129–137.
14. Котенко Т.А., Котенко Л.В., Шапарь В.Н. **2007**. Активизация вулкана Эбеко в 2005–2006 гг. (о-в Парамушир, Курильские острова). *Вулканология и сейсмология*, 5: 1–11.
15. Котенко Т.А., Сандиминова Е.И., Котенко Л.В. **2018**. Извержения вулкана Эбеко (Курильские острова) в 2016–2017 гг. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 37(1): 32–42.
16. Мархинин Е.К., Стратула Д.С. **1977**. *Гидротермы Курильских островов*. М.: Наука, 212 с.
17. Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю., Курбатов А.В., Несмачный И.А. **1993а**. Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 1. *Вулканология и сейсмология*, 3: 69–81.
18. Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю., Курбатов А.В., Несмачный И.А. **1993б**. Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 2. *Вулканология и сейсмология*, 4: 24–41.
19. Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н. **1988**. Особенности химического и изотопного состава фумарольных газов в межэруптивный период деятельности вулкана Эбеко. *Вулканология и сейсмология*, 4: 21–36.
20. Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А. **1992**. Активность вулкана Эбеко в 1987–1991 гг.: характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильск. *Вулканология и сейсмология*, 5–6: 21–33.
21. Нехорошев А.С. **1960**. Геотермические условия и тепловой поток вулкана Эбеко на острове Парамушир. *Бюл. вулканологических станций*, 29: 38–46.
22. Панин Г.Л., Котенко Т.А., Котенко Л.В., Карин Ю.Г. **2010**. Геофизико-геохимические исследования термальных полей вулкана Эбеко. *Литосфера*, 3: 171–176.
23. Рыбин А.В., Дегтерев А.В., Чибисова М.В., Гурьянов В.Б., Коротеев И.Г. **2016**. Вулканическая активность на Курильских островах в 2012–2015 гг. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 30(2): 77–87.
24. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. **2018**. Активность вулканов Курильских островов в 2017 г. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 38(2): 102–109.
25. Рычагов С.Н., Пушкарев В.Г., Белоусов В.И., Кузьмин Д.Ю., Мушинский А.В., Сандиминова Е.И., Бойкова И.А., Шульга О.В., Николаева А.Г., Егорова Н.П. **2004**. Северо-Курильское геотермальное месторождение: геологическое строение и перспективы использования. *Вулканология и сейсмология*, 2: 56–72.

26. Фирстов П.П., Котенко Т.А., Акбашев Р.Р. **2020**. Усиление эксплозивной активности вулкана Эбеко в апреле–июне 2020 г. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 46(2): 10–15.
<https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-2-46-10-15>
27. Челнокова Б.И., Гвозденко Т.А. **2017**. *Минеральные воды и лечебные грязи Дальнего Востока*. Владивосток: ДВФУ, 220 с.
28. Чудаев О.В. **2003**. *Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России*. Владивосток: Дальнаука, 216 с.
29. Chudaev O., Chudaeva V., Sugimory K., Kuno A., Matsuo M., Nordstrom K. **2006**. Geochemistry of hydrothermal system of Kuril Islands. In: *Proceedings of 5th Biennial Workshop on Subduction Processes emphasizing the Japan-Kuril-Kamchatka-Aleutian Arcs*. Hokkaido University, 1–5.
30. Kalacheva E., Taran Yu. **2018**. Role of hydrothermal flux in the volatile budget of a subduction zone: Kuril arc, northwest Pacific. *Geology*. <https://doi.org/10.1130/G45559.1>
31. Kalacheva E., Taran Yu., Kotenko T., Hattori K., Kotenko L., Solis-Pichardo G. **2016**. Volcano–hydrothermal system of Ebeko volcano, Paramushir, Kuril Islands: Geochemistry and solute fluxes of magmatic chlorine and sulfur. *J. of Volcanology and Geothermal Research*: 118–131.
32. Taran Y., Zelenski M., Chaplygin I., Malik N., Campion R., Inguaggiato S., Pokrovsky B., Kalacheva E., Melnikov D., Kazahaya R., Fischer T. **2018**. Gas emissions from volcanoes of the Kuril Island arc (NW Pacific): Geochemistry and fluxes. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, vol. 19: 1859–1880.
<https://doi.org/10.1029/2018GC007477>

References

1. Belousov V.I., Rychagov S.N., Sugrobov V.M. **2002**. [Northern Paramushir hydrothermal and magmatic convective system: geological structure, conceptual model, geothermal resources]. *Volcanology and Seismology*, 1: 34–50. (In Russ.).
2. Bortnikova S.B., Bessonova E.P., Trofimova L.B. Kotenko T.A., Nikolaeva I.V. **2006**. Hydrogeochemistry of thermal springs on Ebeko volcano, Paramushir Isl. *J. of Volcanology and Seismology*, 1: 39–51. (In Russ.).
3. *Gazogidrottermiya aktivnykh vulkanov Kamchatki i Kuril'skikh ostrovov: sostav, stroenie, genesis [Gas-hydrotherms of active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands: composition, structure, genesis]*. **2013**. Authors: Bortnikova S.B., Bessonova E.P., Gora M.P., Shevko A.Ya., Panin G.L., Zharkov R.V., El'tsov I.N., Kotenko T.A., Bortnikova S.P., Manshteyn Yu.A. et al. Novosibirsk: INGG SO RAN, 282 p. (In Russ.).
4. Golubeva E.I., Zavadskaya A.V. **2012**. Prospects of sustainable ecotourism development in protected areas of the Kamchatka Region. *Vestnik Natsional'noy akademii turizma [Vestnik of the National tourism academy]*, 4(24): 43–47. (In Russ.).
5. Gorshkov G.S. **1967**. *Vulkany Kuril'skoy ostrovnnoy dugi [Volcanoes of the Kuril island arc]*. Moscow: Nauka, 287 p.
6. Degterev A.V., Chibisova M.V. **2020**. The volcanic activity at the Kuril Islands in 2019. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 4(1): 93–102. (In Russ.).
<https://doi.org/10.30730/2541-8912.2020.4.1.093-102>
7. Zavadskaya A.V., Golubeva E.I. **2013**. Natural complexes of hydrothermal systems of Kamchatka as objects for recreation and tourism. *Geography and Natural Resources*, 34(4): 339–344.
8. Zavadskaya A.V., Yablokov V.M. **2014**. [Ecological and geographical basis for recreational usage of thermal ecosystems (on the example of the valley of the Geyzernaya river)]. In.: *Trudy Kronotskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika [Proceedings of the Kronotsky state nature biosphere reserve]*, Voronezh: STP, 190–208. (In Russ.).
9. Zelenov K.K., Tkachenko R.P., Kanakina M.L. **1965**. [Redistribution of the ore-forming elements during hydrothermal activity of the Ebeko volcano (Paramushir Island)]. *Trudy GINAN SSSR [Proceedings of Geological Institute of the USSR Academy of Sciences]*, 141: 140–167. (In Russ.).
10. Ivanov V.V. **1957**. [Modern hydrothermal activity of the Ebeko volcano on Paramushir Island]. *Geokhimiya [Geochemistry]*, 1: 63–77. (In Russ.).
11. Kalacheva E.G., Kotenko T.A. **2013**. Water geochemistry and formation conditions of the Verkhne-Yuryeva thermal springs, Paramushir Island. *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 22(2): 55–68. (In Russ.).
12. Kalacheva E.G., Taran Yu.A. **2019**. Processes controlling isotopic composition (δD and $\delta^{18}O$) of thermal waters of the Kuril Island Arc. *J. of Volcanology and Seismology*, 13(4): 201–215.
<https://doi.org/10.1134/s0742046319040031>
13. Kotenko T.A., Kotenko L.V. **2006**. The hydrothermal manifestations and heat flow by Ebeko and Krashenninnikov volcanoes (Paramushir Isl., Kuril Islands). *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 1(7): 129–137. (In Russ.).

14. Kotenko T.A., Kotenko L.V., Shapar' V.N. **2007**. Increased activity on Ebeko volcano, Paramushir I., North Kuriles in 2005–2006. *J. of Volcanology and Seismology*, 1(5): 285–295. <https://doi.org/10.1134/s0742046307050016>
15. Kotenko T.A., Sandimirova E.I., Kotenko L.V. **2018**. The 2016–2017 eruptions of Ebeko volcano (Kuriles Islands). *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 1(37): 32–42. (In Russ.).
16. Markhinin E.K., Stratula D.S. **1977**. *Gidrotermiya Kuril'skikh ostrovov [Hydrotherms of the Kuril Islands]*. Moscow: Nauka, 212 p.
17. Melekestsev I.V., Dvigalo V.N., Kir'yanov V.Yu., Kurbatov A.V., Nesmachnyy I.A. **1993a**. [The Ebeko volcano (the Kuril Islands): history of eruptive activity and future volcanic hazard. Part 1]. *Volcanology and Seismology*, 3: 69–81. (In Russ.).
18. Melekestsev I.V., Dvigalo V.N., Kir'yanov V.Yu., Kurbatov A.V., Nesmachnyy I.A. **1993b**. [The Ebeko volcano (the Kuril Islands): history of eruptive activity and future volcanic hazard. Part 2]. *Volcanology and Seismology*, 4: 24–41. (In Russ.).
19. Menyaylov I.A., Nikitina L.P., Shapar' V.N. **1988**. [Features of chemical and isotopic composition of fumarole gases during the repose period of the Ebeko volcano activity]. *Volcanology and Seismology*, 4: 21–36. (In Russ.).
20. Menyaylov I.A., Nikitina L.P., Budnikov V.A. **1992**. [The Ebeko volcano activity during 1987–1991: eruptions character, features of their products, hazard for the town of Severo-Kurilsk]. *Volcanology and Seismology*, 5–6: 21–33. (In Russ.).
21. Nekhoroshev A.S. **1960**. [Geothermal conditions and heat flow of the Ebeko volcano on Paramushir Island]. *Byul. vulkanologicheskikh stantsii [Bulletin of volcanological station]*, 29: 38–46. (In Russ.).
22. Panin G.L., Kotenko T.A., Kotenko L.V., Karin U.G. **2010**. Geophysical and geochemical investigations of thermal fields of Ebeko volcano (Paramushir Island). *Litosfera = Lithosphere (Russia)*, 3: 171–176. (In Russ.).
23. Rybin A.V., Degterev A.V., Chibisova M.V., Gur'yanov V.B., Koroteev I.G. **2016a**. Volcanic activity in the Kurile Islands in 2012–2015. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 2(30): 77–87. (In Russ.).
24. Rybin A.V., Chibisova M.V., Degterev A.V. **2018**. The 2017 activity of the Kurile Islands volcanoes. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 2(38): 102–109. (In Russ.). [doi:10.31431/1816-5524-2018-2-38-102-109](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2018-2-38-102-109)
25. Rychagov S.N., Pushkarev V.G., Belousov V.I., Kuz'min D.Yu., Mushinskiy A.V., Sandimirova E.I., Boykova I.A., Shul'ga O.V., Nikolaeva A.G., Egorova N.P. **2004**. North Kuril geothermal field: geological structure and development potential. *J. of Volcanology and Seismology*, 2: 56–72. (In Russ.).
26. Firstov P.P., Kotenko T.A., Akbashev R.R. **2020**. Growth of explosive activity of Ebeko volcano in April–June 2020. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 2(46): 10–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-2-46-10-15>
27. Chelnokova B.I., Gvozdenko T.A. **2017**. *Mineral'nye vody i lechebnye gryazi Dal'nego Vostoka [Mineral waters and therapeutic mud of the Far East]*. Vladivostok: DVFU, 220 p. (In Russ.).
28. Chudaev O.V. **2003**. *Sostav i usloviya obrazovaniya sovremennykh gidrotermal'nykh sistem Dal'nego Vostoka Rossii [Composition and formation conditions of the modern hydrothermal systems of the Russian Far East]*. Vladivostok: Dal'nauka, 216 p. (In Russ.).
29. Chudaev O., Chudaeva V., Sugimory K., Kuno A., Matsuo M., Nordstrom K. **2006**. Geochemistry of hydrothermal system of Kuril Islands. In: *Proceedings of 5th Biennial Workshop on Subduction Processes emphasizing the Japan-Kuril-Kamchatka-Aleutian Arcs*. Hokkaido University, 1–5. (In Russ.).
30. Kalacheva E., Taran Yu. **2018**. Role of hydrothermal flux in the volatile budget of a subduction zone: Kuril arc, northwest Pacific. *Geology*. <https://doi.org/10.1130/G45559.1>
31. Kalacheva E., Taran Yu., Kotenko T., Hattori K., Kotenko L., Solis-Pichardo G. **2016**. Volcano–hydrothermal system of Ebeko volcano, Paramushir, Kuril Islands: Geochemistry and solute fluxes of magmatic chlorine and sulfur. *J. of Volcanology and Geothermal Research*: 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.11.006>
32. Taran Y., Zelenski M., Chaplygin I., Malik N., Campion R., Inguaggiato S., Pokrovsky B., Kalacheva E., Melnikov D., Kazahaya R., Fischer T. **2018**. Gas emissions from volcanoes of the Kuril Island arc (NW Pacific): Geochemistry and fluxes. In: *Geochemistry Geophysics Geosystems*, vol. 19: 1859–1880. <https://doi.org/10.1029/2018GC007477>

Об авторе

ЖАРКОВ Рафаэль Владимирович (ORCID 0000-0002-9753-0627; ResearcherID: J-6233-2018; ScopusID: 55296771900), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, rafael_zharkov@mail.ru