

УДК 551.21

doi: 10.30730/2541-8912.2018.2.4.386-391

## Состояние вулкана Берутарубе в 2017 г. (о. Итуруп, Курильские острова)

© А. В. Дегтерев\*, Д. Н. Козлов, Ф. А. Романюк, Р. В. Жарков, А. В. Рыбин

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

\*E-mail: d\_a88@mail.ru

Представлены данные, характеризующие современную газогидротермальную активность влк. Берутарубе (о. Итуруп, Южные Курилы) по состоянию на 2017 г. Показано, что в настоящее время вулкан проявляет интенсивную сольфатарную и гидротермальную активность, сосредоточенную в пределах трех основных участков в привершинной части постройки. Максимальная температура парогазовых выходов составляет 96.6 °С, термальных вод – 80 °С. По химическому составу гидротермы вулкана Берутарубе отвечают ультракислым (pH 1.5), минерализованным, хлоридно-сульфатным водам со сложным катионным составом.

**Ключевые слова:** вулкан Берутарубе, Итуруп, фумаролы, газогидротермальная активность, гидротермы.

## The state of Berutarube volcano in 2017 (Iturup Island, Kuril Islands)

Artem V. Degterev\*, Dmitry N. Kozlov, Fedor A. Romanyuk,  
Rafael V. Zharkov, Alexander V. Rybin

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

\*E-mail: d\_a88@mail.ru

The data characterizing the modern gas-hydrothermal activity of Berutarube volcano (Iturup Island, the Southern Kuriles) are presented. It is shown that at present time the volcano is characterized by the manifestation of intense solfataric and hydrothermal activity located within the three main sites in the near-summit part of the volcanic edifice. The maximum temperature of steam-gas outputs is 96.6 °C, thermal water – 80 °C. The hydrotherms of the volcano Berutarube are presented with ultra-acid (pH 1.5), mineralized, chloride-sulfate waters with a complex cationic composition.

**Keywords:** Berutarube, Iturup, volcano, solfatar, gas-hydrothermal activity, hydrotherms.

### Введение

Вулкан Берутарубе (абс. выс. – 1220 м) является одним из самых труднодоступных и слабо изученных действующих вулканов Южных Курильских островов. Вулкан формирует южную часть о. Итуруп – п-ов Часовой: крайняя южная точка – мыс Рикорда, крайняя восточная точка – мыс Гневный (рис. 1). Его постройка – это сильно разрушенный, относительно пологий (средний уклон 11–13°) вулканический конус (диаметр надводного основания ~11 км) (рис. 2). Склоны вулкана изрезаны глубокими бар-

ранкосами и речными долинами с глубокими каньонами и многочисленными водопадами, которые в значительной степени осложняют маршрут к его вершине (рис. 3). Вершина влк. Берутарубе сильно эродирована и представляет собой цепочки слитых между собой амфитеатров с западной и восточной сторон и разделяющий их хребтик, вытянутый в меридиональном направлении – его южная часть служит максимальной отметкой вулканической постройки. С юга и с севера вершина вулкана также осложнена рядом амфитеатров.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

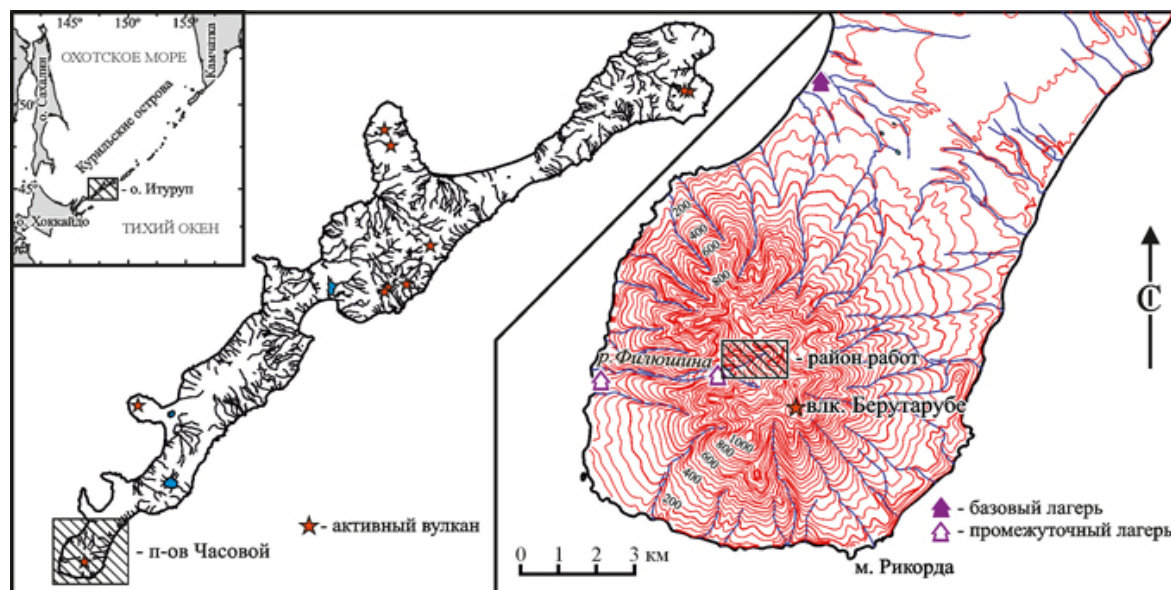


Рис. 1. Географическое положение влк. Берутарубе. На схеме справа заштрихован район исследований.

Первичного вулканического рельефа здесь практически не сохранилось, хотя, возможно, часть этих эрозионных форм унаследовала первичную морфологию от существовавших здесь ранее эксплозивных форм, а также фрагментов экструзивных тел. Состав пород влк. Берутарубе, по данным [Федорченко и др., 1989], варьирует от андезибазальтов ( $53.05 \text{ SiO}_2$ ,  $2.59 \text{ Na}_2\text{O}$ ,  $0.43 \text{ K}_2\text{O}$ ) до дацитов ( $65.03 \text{ SiO}_2$ ,  $3.31 \text{ Na}_2\text{O}$ ,  $0.67 \text{ K}_2\text{O}$ ).

Какие-либо литературные данные, указывающие на проявление активности вулкана в историческое время, отсутствуют. Свежих вулканических форм рельефа (воронок взрыва, кратера) и продуктов активности, свидетельствующих о проявлении недавней вулканической деятельности, также не наблюдается. Предыдущие исследователи [Корсунская, 1948; Горшков, 1967; Мархинин, Стратула, 1977] отмечали наличие сольфатарной и гидротермальной активности.

### Материал и методы

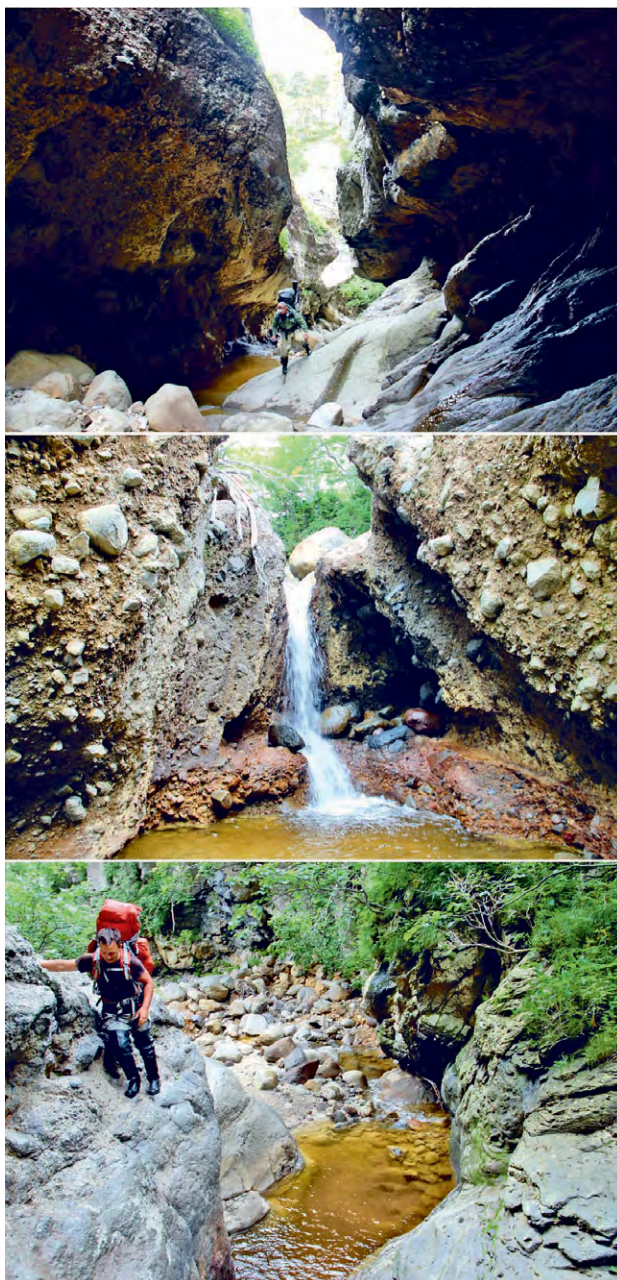
В августе 2017 г. во время экспедиции на о. Итуруп был обследован влк. Берутарубе с целью изучения его современного состояния. В ходе исследований выполнены определения основных физико-химических параметров

гидротерм и сольфатар (рН, температура), а также отобраны пробы вод термального источника и р. Филюшина. Для определения значений рН термальных вод в полевых условиях использовался портативный рН-метр HANNA-Hi9025. Измерения температуры термальных источников и сольфатарных газов проводились электронным термометром Digitron-T200KC с термопреобразователем КТХА 01.02Р-Т310, диапазон рабочих температур данной термопары от  $-200^\circ$  до  $+1350^\circ \text{C}$ , точность измерения  $0.1^\circ \text{C}$ . Анализ химического состава водных проб проводился в Центре коллективного пользования ИМГиГ ДВО РАН. Содержание  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  определяли методом ионной хроматографии на высокоэффективном жидкостном хроматографе LC-20 Prominence с кондуктометрической



Рис. 2. Общий вид влк. Берутарубе (вид с севера), август 2018 г.  
Фото А.В. Дегтерева





**Рис. 3.** Примеры порожиисто-водопадных участков русла в каньоне р. Филюшина, август 2018 г.  
*Фото А.В. Дегтерева*

ячейкой (Shimadzu, Япония). Водные пробы при этом предварительно очищали с помощью мембранных фильтров (0.45 мкм). Концентрацию  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  измеряли титриметрическим методом с визуальной индикацией конечной точки титрования. Содержание неорганического углерода и общего азота определяли методом термokatалитического окисления на анализаторе TOC-L (Shimadzu, Япония). Для измерения водородного показателя использовался портативный pH-метр WTW 3110 ProfiLine.

### Фумарольная и гидротермальная деятельность влк. Берутарубе

В настоящем сообщении имеющиеся многочисленные данные отечественных исследователей, представленные в публикациях и фондовых материалах, сопоставлены с результатами экспедиционных работ 2017 г.

Первые краткие сведения в отечественной литературе о термальных источниках и фумаролах влк. Берутарубе приведены в работе Г.В. Корсунской (1948), обследовавшей вулканы Южных Курильских островов в 1946 г.: «Вблизи вершины 1030 м, на дне глубокого кратера с отвесными и нависшими в виде отдельных глыб стенами, имеются мощные фумаролы, в течение сентября и октября явно увеличившие свою активность. За 15 км от вулкана можно было видеть два мощных белых столба, поднимающихся над краем кратера. Тепло, исходящее от горячих газов, ощущается на расстоянии 1 км от кратера. В течение этих же месяцев появилось много ранее отсутствовавших горячих источников» [Корсунская, 1948, с. 437]. Физико-химические параметры термальных источников и сольфатар в данной работе, к сожалению, отсутствуют. Следует отметить, что «появление» новых термальных источников и «усиление» сольфатарной активности, отмеченные Г.В. Корсунской, могли быть ошибочными, обусловленными, как часто это происходит, резкими сезонными изменениями метеорологических условий на Южных Курилах.

За период с 1996 по 2017 г. достоверные сведения о современной активности влк. Берутарубе в литературе отсутствуют. В силу своей удаленности и труднодоступности более 20 лет он не обследовался специалистами.

В 1957 г. термальные источники влк. Берутарубе были обследованы и опробованы Е.К. Мархониным. Результаты этих работ, включающие краткое описание и физико-химические данные о холодных железистых и термальных источниках, изложены в монографии [Мархинин, Стратула, 1977]. Один из горячих источников вулкана, опробованный в 1957 г., имел температуру 30 °С и pH 2.4. По химическому составу его воды (табл. 1) можно отнести к минеральным (TDS – 5.68 г/л) хлоридно-сульфатным натриево-кальциево-алюминиево-железистым. В воде обнаружено

повышенное содержание фтора и кремнекислоты. Фумарольная деятельность в данной работе не описана, физико-химические параметры сольфатар не даны, схема расположения сольфатар и термальных источников влк. Берутарубе также не представлена.

В период с 1994 по 1997 г. сотрудники лаборатории вулканологии и вулканопасности ИМГиГ ДВО РАН проводили режимные наблюдения на трех основных участках разгрузки термальных вод и фумарольных газов

Таблица 1. Химический состав термо-минеральных вод влк. Берутарубе (в мг/л)

| Показатель                                   | 1      | 2      | 3      |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|
| T, °C                                        | 30.0   | 78     | 17     |
| pH                                           | 2.45   | 1.5    | 2.6    |
| Na <sup>+</sup>                              | 207.0  | 137.0  | 62.0   |
| K <sup>+</sup>                               | 9.8    | 10.5   | 5.0    |
| Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>                 | 304.3  | 405.0  | 243.0  |
| Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>                 | 69.3   | 85.0   | 58.0   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                 | 1.8    | —      | —      |
| Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup>                 | 71.0   | —      | —      |
| Fe <sub>3</sub> <sup>+</sup>                 | 391.0  | —      | —      |
| Al <sub>3</sub> <sup>+</sup>                 | 181.0  | —      | —      |
| H <sup>+</sup>                               | 3.5    | —      | —      |
| Cl <sup>-</sup>                              | 367.1  | 2380.0 | 379.0  |
| HSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               | 682.2  | —      | —      |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                | 2075.2 | 2380.0 | 1590.0 |
| H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 260.0  | —      | —      |
| Si                                           | —      | 160.0  | 70.0   |
| B                                            | —      | 40.0   | 10.0   |
| F <sup>-</sup>                               | 1.0    | < 0.5  | < 0.5  |
| Br                                           | —      | 3.5    | 0.5    |
| Li                                           | —      | < 0.05 | < 0.05 |
| IC                                           | —      | 1.0    | 1.5    |
| TN                                           | —      | 0.4    | 0.05   |

Примечания. 1 – термальный источник (обследовал Е.К. Мархинин, 1957 г. [Мархинин, Стратула, 1977]); 2 – термальный источник, 2017 г.; 3 – воды р. Филюшина, 2017 г. IC – содержание неорганического углерода, TN – общее содержание азота. Прочерк – не определено.

Таблица 2. Химический состав сольфатарных газов влк. Берутарубе (в об. %), по данным (Вулканическое... , 2000)

| Дата отбора, год | T, °C | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | SO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | O <sub>2</sub> | Ar     | HCl   | H <sub>2</sub> |
|------------------|-------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|--------|-------|----------------|
| 1994             | 102   | 86.70           | 8.04             | 2.02            | 3.11           | 0.13            | —              | —      | 0.016 | 0.001          |
|                  | 203   | 88.13           | 7.11             | 1.85            | 2.80           | 0.11            | —              | —      | 0.0   | 0.001          |
| 1995             | 104   | 94.62           | 2.96             | 0.16            | 2.17           | 0.09            | 0.013          | 0.0011 | 0.0   | 0.001          |
|                  | 101   | 92.34           | 5.51             | 0.70            | 1.18           | 0.07            | 0.011          | 0.0013 | 0.011 | 0.002          |
| 1996             | 102   | 92.45           | 4.57             | 1.23            | 1.68           | 0.07            | 0.004          | 0.0017 | 0.007 | 0.002          |
|                  | 103   | 90.58           | 6.03             | 0.93            | 2.43           | 0.13            | —              | —      | 0.003 | 0.001          |

Примечание. Анализы приводятся для двух точек отбора газа. Прочерк – не определено.

влк. Берутарубе [Вулканическое... , 2000]. В отчетных материалах представлена схема расположения участков выходов сольфатарных газов и термальных вод. Результаты химических анализов сольфатарных газов имеются только за 1994–1996 гг. (табл. 2), признаков геохимической активизации влк. Берутарубе в этот период не проявлял. Средняя температура фумарол была в пределах 101–104 °C, в газовом составе преобладал углекислый газ (до 95 %) и сероводород (3–8 %).

Маршрут на влк. Берутарубе, проведенный в августе 2017 г., заключался в подъеме по р. Филюшина от устья к вершинной части вулканической постройки (рис. 2а). Данный маршрут выбран в связи с тем, что известные проявления сольфатарно-гидротермальной активности вулкана локализованы в пределах привершинного амфитеатра, в котором берет свое начало р. Филюшина. Несмотря на небольшую длину речки – всего ~5.5 км, подъем по ее руслу достаточно сложен: борта долины очень крутые, осложненные каньонами и многочисленными водопадами высотой до 5–10 м (рис. 3).

По результатам обследований 2017 г. на вулкане выделено три основных участка разгрузки термальных вод и фумарольных газов: Верхний, Центральный и Нижний (рис. 4).

Участок Верхний (рис. 4, 5 а, б) занимает наиболее высокий гипсометрический уровень, располагаясь на высоте 935–940 м над ур. м., у истока р. Филюшина. В его состав входит самая крупная на вулкане фумарольная постройка (рис. 5б), названная авторами из-за ее размеров Большой. Сольфатарная постройка, формирующая окончание гребня между двух ложбин, имеет размеры ~4 × 8 м, на ее вершине расположено два от-





Рис. 4. Схема расположения участков газогидротерм влк. Берутарубе: 1 – Верхний, 2 – Центральный, 3 – Нижний.

верстия: одно из них в форме круга диаметром  $\sim 1$  м, другое – в форме серпа размером  $0.3 \times 0.6$  м. Над отверстиями поднимаются клубы пара и газа ( $75\text{--}80^\circ\text{C}$ ), а в полости самой постройки наблюдается интенсивное бурление грязевой массы (выполнить измерение температуры имеющимся оборудованием не удалось из-за опасности обрушения). В нескольких метрах южнее Большой расположен небольшой, но относительно мощный выход диаметром  $\sim 0.3$  м и высотой  $\sim 0.5$  м (Малая сольфатара). Сольфатара характеризуется интенсивным выходом парогазовой смеси с характерным «ревушим»

звучом, максимальная температура здесь достигает  $82.8^\circ\text{C}$ .  
Ниже по склону, на высоте  $860\text{--}900$  м над ур. м., расположен участок Центральный (рис. 4, 5 в, г), занимающий правый борт р. Филюшина. Это в настоящее время наиболее масштабное проявление газогидротермальной активности влк. Берутарубе. На площади  $\sim 0.02$  км<sup>2</sup> находятся несколько отдельных крупных сольфатарных построек (высотой около метра и более) и несколько десятков мелких, а также горячие источники. Максимальная температура парогазовой смеси на одном из крупных сольфатарных выходов достигала  $96^\circ\text{C}$ . В то же время многочисленные натечные образования из серы, в том числе очень свежие, свидетельствующие о плавлении кристаллической серы, указывают на то, что температуры здесь могут быть существенно выше  $115^\circ\text{C}$  (температура плавления кристаллической серы).

В пределах Центрального участка нами был изучен относительно мощный гидро-

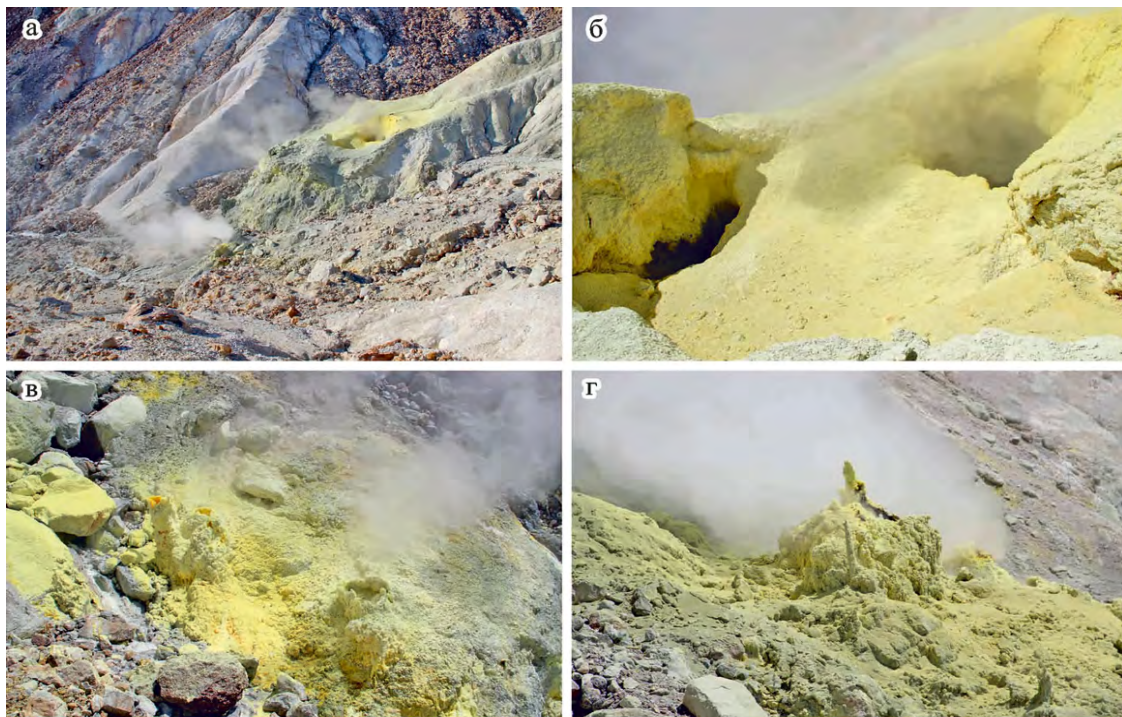


Рис. 5. Сольфатарные выходы участка Верхнего (а, б) и Центрального (в, г). Фото А.В. Дегтерева

термальный выход – пульсирующий источник с температурой 78 °С, pH 1.5 и дебитом ~20 л/мин, стекающий в р. Филюшина.

По химическому составу он схож с термальным источником, описанным Е.К. Мархининым: его воды относятся к хлоридно-сульфатным со сложным катионным составом (табл. 1). Подобные термальные и холодные железистые источники определяют геохимический облик р. Филюшина. Воды реки кислые (pH 2.6), преимущественно сульфатные кальциевые (табл. 1), в русле отмечаются отложения лимонита, мощность которого в некоторых местах достигает 20–30 см и более.

Участок Нижний локализован на левом борту р. Филюшина на высоте 800–810 м над ур. м. (рис. 4). В пределах участка расположено несколько небольших сольфатар (79.3 °С), а также выходы термальных вод с температурой до 59 °С.

В целом влк. Берутарубе в настоящее время характеризуется высоким уровнем проявления газогидротермальной активности, сопоставимой с такими вулканами, как влк. Менделеева (о. Кунашир) и влк. Синарка (о. Шиадокотан).

## Выводы

1. В ходе полевых работ 2017 г. получены первые за последние 20 лет сведения о современном состоянии влк. Берутарубе, наименее изученного вулкана на Южных Курилах. Установлено, что в настоящее время вулкан характеризует интенсивная фумарольная и гидротермальная активность. В пределах привершинной части вулкана расположено 3 участка проявления газогидротермальной активности. Максимальная измеренная температура парогазовых выходов (участок Центральный) составляет 96.6 °С, но, судя по потокам расплавленной серы, температура достигала 115 °С.

2. Гидротермы вулкана, разгружающиеся в привершинной части вулкана, имеют температуру 78–80 °С. Их химический состав соответствует ультракислым (pH 1.5), минерализованным, хлоридно-сульфатным водам со сложным катионным составом. В термальных и холодных источниках, разгружающихся на склонах и в русле р. Филюшина, отмечаются отложения лимонита.

3. Существенных изменений в характере газогидротермальной деятельности вулкана по сравнению с результатами исследований предшествующих лет (1946, 1957, 1994–1996 гг.) не выявлено. Но ограниченность данных (отсутствие схем расположения газогидротерм, их детальных описаний с физико-химической характеристикой и фотографий) не позволяет судить о возможных мелкомасштабных изменениях в сольфатарной и гидротермальной активности вулкана за весь период наблюдений.

Авторы выражают благодарность главному лесничему Курильского лесничества А.Н. Кораблеву за помощь в проведении экспедиционных работ и сотрудникам Центра коллективного пользования ИМГиГ ДВО РАН В.В. Ершову, О.А. Никитенко, Ю.А. Перстневой за проведение анализа химического состава водных проб термального источника и р. Филюшина.

## Список литературы

1. Горшков Г.С. *Вулканизм Курильской островной дуги*. М.: Наука, 1967. 287 с.
2. *Вулканическое районирование и контроль состояния вулканов Курильской островной дуги: отчет о науч.-исслед. деятельности* / исполн.: Семакин В.П., Штейнберг Г.С., Рыбин А.В., Булгаков Р.Ф., Гурьянов В.Б.; Ин-т мор. геологии и геофизики ДВО РАН. Южно-Сахалинск, 2000. 97 с. Инв. № 3166.
3. Корсунская Г.В. Вулканы южной группы Курильских островов // *Изв. Всесоюз. геогр. о-ва*. 1948. Т. 80, № 1–6. С. 433–442.
4. Мархинин Е.К., Стратула Д.С. *Гидротермы Курильских островов*. М.: Наука, 1977. 212 с.
5. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. *Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис*. М.: Наука, 1989. 237 с.

## Сведения об авторах

ДЕГТЕРЕВ Артем Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, КОЗЛОВ Дмитрий Николаевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, РОМАНЮК Федор Александрович, аспирант, младший научный сотрудник, ЖАРКОВ Рафаэль Владимирович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, РЫБИН Александр Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, руководитель лаборатории – лаборатория вулканологии и вулканопасности, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск.