

Экспедиции, полевые семинары, практики

УДК 551.21/23

DOI: 10.31431/1816-5524-2022-3-51-101-110

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В 2021 г.

© 2021 Е.Г. Калачева

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
Россия, 683006; e-mail: keg@kscnet.ru*

В данном сообщении приводится краткая характеристика экспедиционных работ на Курильских островах, выполненных сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в рамках темы НИР и проектов РНФ и РФФИ летом 2021 г. С целью изучения химической эрозии вулканических островов и для оценки гидротермального выноса магматических летучих, проведены гидрологические и гидрохимические работы на реках, дренирующих склоны и термальных поля вулкана Баранского, вулканического массива Богдан Хмельницкий (о. Итуруп). Выполнены детальные гидрохимические исследования с отбором водных проб на разных глубинах и батиметрическая съемка оз. Кипящее, расположенного в кальдере вулкана Головинна (о. Кунашир). Продолжены работы по изучению диффузионного потока CO_2 сквозь термальные поля и вулканические озера. В ходе продолжающихся режимных наблюдений на вулкане Эбеко (о. Парамушир) выполнена аэрофото- и инфракрасная съемка его прикратерной части. Впервые после начала извержения в 2016 г. с помощью квадрокоптера проведено опробование озера, расположенного в Среднем кратере вулкана. Для дальнейших аналитических исследований в ходе экспедиционных работ отобрано большое число водных и газовых проб, пополнена коллекция осадков.

Ключевые слова: экспедиция, Курильские острова, вулкан, термальные воды, вулканический газ.

Летом 2021 г. сотрудниками лаборатории постмагматических процессов Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН с участием коллег из других лабораторий в рамках тем НИР ИВиС ДВО РАН, а также по грантам РНФ и РФФИ были проведены экспедиционные работы на о-вах Парамушир, Итуруп и Кунашир (рис. 1). Как и в 2020 г. (Калачева, 2020), исследования были направлены на решение нескольких взаимосвязанных задач: изучение геохимических особенностей кислых термальных вод, разгружающихся на склонах активных вулканов и их связь с вулканическими процессами, оценка гидротермального выноса магматических летучих (Cl и S), оценка скорости химической эрозии вулканических островов, оценка диффузионного потока CO_2 сквозь термальные поля и кратерные (кальдерные) озера.

Работы выполнялись в два этапа, разделенные во времени и по способу достижения островов: 1) параллельная работа двумя неза-

висимыми группами на южных о-вах Итуруп и Кунашир; 2) совместные работы на о. Парамушир в районе активного вулкана Эбеко. В состав первого полевого отряда вошло 6 сотрудников ИВиС ДВО РАН (Е.Г. Калачева, Е.В. Волошина, Т.А. Котенко, Л.В. Котенко, Д.Ю. Кузьмин, К.В. Тарасов), в состав второго — 8 человек (Е.Г. Калачева, Е.В. Волошина, Т.А. Котенко, Л.В. Котенко, Д.Ю. Кузьмин, К.В. Тарасов, Д.В. Мельников, И.А. Бойкова) и два молодых волонтера (Р.Л. Пташинский, А.М. Егоров) (рис. 2).

ЭКСПЕДИЦИЯ ПО О-ВАМ ИТУРУП И КУНАШИР

В связи с тем, что между Петропавловском-Камчатским и южными Курильскими островами прямого сообщения нет, для достижения объектов исследования нам пришлось сделать большой крюк, используя регулярное авиасообщение Петропавловск-Камчатский-Хабаровск-Южно-

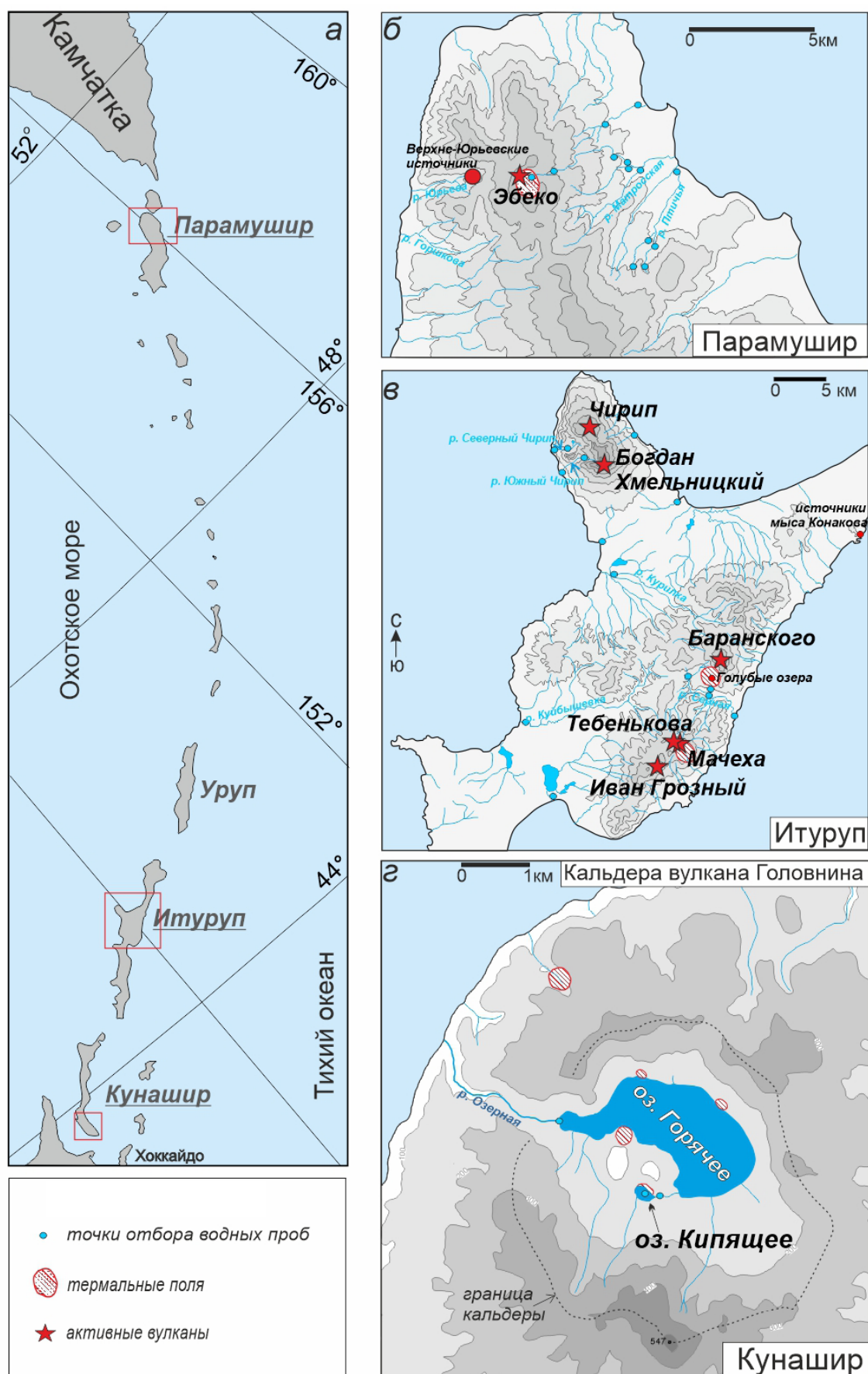


Рис. 1. Схема расположения Курильских островов и районов проведения экспедиционных работ в 2021 г.

Fig. 1. Areas of expeditionary work on the Kuril Islands in 2021.



Рис. 2. Участники экспедиции на Курильские острова 2021 г.: 1 — Е.Г. Калачева (руководитель грантов РФФ № 20-17-00016 и РФФИ №20-05-00517), 2 — Е.В. Волошина, 3 — Т.А. Котенко, 4 — К.В. Тарасов, 5 — Д.Ю. Кузьмин, 6 — Л.В. Котенко, 8 — И.А. Бойкова, 9 — А.М. Егоров, 10 — Р.Л. Пташинский (фото: 1, 2, 4, 6, 7, 9 — автор; 8, 10 — Т.А. Котенко; 1, 3 — Л.В. Котенко; 5 — К.В. Тарасов).

Fig. 2. Members of the expedition to the Kuril Islands in 2021: 1 — Kalacheva E.G. (head of the grant of the RSF № 20-17-00016 and RFBR № 20-05-00517), 2 — E.V. Voloshina, 3 — T.A. Kotenko, 4 — K.V. Tarasov, 5 — D.Yu. Kuz'min, 6 — L.V. Kotenko, 8 — I.A. Boykova, 9 — A.M. Egorov, 10 — R.L. Ptashinsky (photos: 1, 2, 4, 6, 7, 9 — the author; 8, 10 — T.A. Kotenko; 1, 3 — L.V. Kotenko; 5 — K.V. Tarasov).

Сахалинск и далее на Итуруп или Кунашир. Для более эффективной работы полевой отряд был разбит на две группы: часть отправилась на о. Итуруп, другая — на о. Кунашир. Разъезжались и встречались мы в одном месте — в г. Южно-Сахалинске. Весь комплекс экспедиционных работ был выполнен в период с 8 по 29 июля.

Работы на о. Итуруп. Итуруп, самый крупный из о-вов Курильской дуги длиной около 200 км, состоит из нескольких вулканических хребтов, соединенных низкими перешейками неогенового фундамента. Восемь вулканов на острове — действующие, проявляют активную фумарольную и гидротермальную деятельность.

В 2021 г. основные работы были сосредоточены в центральной части острова: на п-ве Чирип и в районе хребта Иван Грозный (рис. 1а). Полуостров Чирип занимает вулканический массив длиной более 20 км и шириной 10–13 км, образованный вулканами Чирип и Богдан Хмельницкий и их побочными конусами. Хребет Иван Грозный протягивается на 45 км от перешейка Ветровой до залива Касатка и объединяет несколько вулканических построек, включая активные вулканы Баранского, Тебенькова, Мачеха и, непосредственно, Иван Грозный.

На п-ве Чирип были проведены детальные работы на реках Северный и Южный Чирип, берущих начало в крупной эрозионной кальдере, занимающей большую часть западного склона вулканического массива между вершинами вулканов Чирип и Богдан Хмельницкий. Обе реки в устье кислые ($\text{pH} < 4$), имеют повышенную минерализацию (0.5–0.7 г/л). При смешении речных вод с морскими образуются длинные мутные рыже-кирпичные шлейфы, которые формируются за счет перехода во взвесь в процессе реакции

нейтрализации соединений железа и алюминия, содержащихся в повышенных концентрациях в речных водах. Наиболее протяженный шлейф образуется от р. Северный Чирип (рис. 3а). Поток мутной воды расходом более $1.5 \text{ м}^3/\text{с}$ по сцементированным гидроокислами железа камням каскадом стекает в Охотское море (рис. 3б). Помимо основного русла, опробованы ручьи нижней части «Лимонитового каскада» по (Зеленов, 1972), расположенного по правому борту в среднем течении данной реки и ряд небольших ручьев, дренирующих внешние склоны вулканического массива.

Работы в районе вулкана Баранского были сконцентрированы в долине р. Серная, дренирующей основные термальные поля и отдельные группы источников (рис. 1). Во время маршрутов была выполнена детальная гидрохимическая съемка вдоль руч. Кипящий. В его верховьях расположены выходы ультракислых ($\text{pH} = 1.2$) термальных вод температурой 96°C , известных как «Голубые озера» (Знаменский, Никитина, 1985) (рис. 4а). Именно эти источники дают основное водное и тепловое питание руч. Кипящий. Большую часть времени источники окутаны плотными водными парами (рис. 4б), показываясь только на короткое время от небольших порывов ветра. На р. Серная гидрохимическое опробование и гидрометрические работы были проведены на нескольких участках от истока до устья, включая и основные притоки. Несмотря на то, что река в среднем и нижнем течении принимает большое количество холодных пресных притоков, после впадения руч. Кипящий и до самого устья вода в ней остается кислой ($\text{pH} = 3.2$) и имеет повышенную минерализацию.

Впервые нам удалось выполнить гидрохимическое опробование источников, расположенных

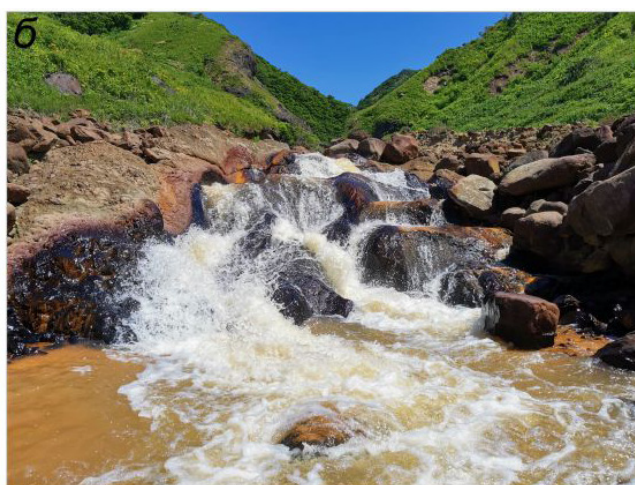
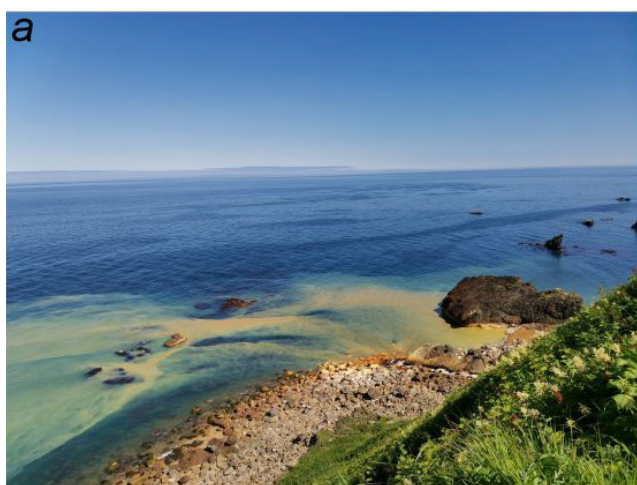


Рис. 3. Река Северный Чирип (о-в Итуруп): зона смешения речных и морских вод (а), русло реки в устье (б) (фото автора).

Fig. 3. The Severnyy Chirip River, Iturup Island: zone of mixing of river and sea waters (а), mouth of the Severnyy Chirip River (б) (photo by the author).

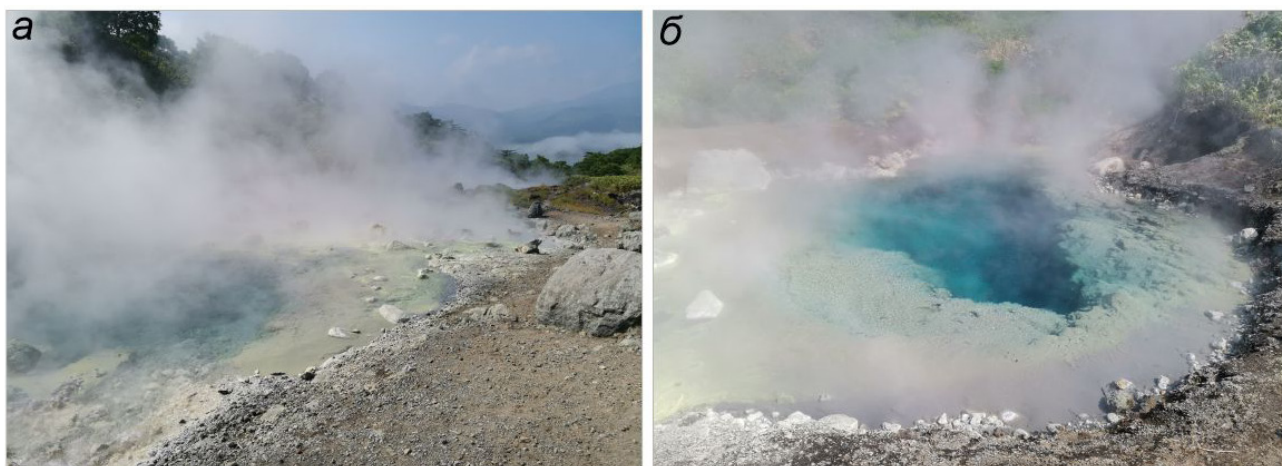


Рис. 4. Термальные источники «Голубые озера», долина руч. Кипящий (вулкан Баранского, о-в Итуруп) (фото автора).

Fig. 4. «Blue Lakes» thermal springs in the valley of the Kipyashchiy creek, Baransky volcano, Iturup Island (photo by the author).

рядом с мысом Конакова на тихоокеанском побережье перешейка Ветрового (рис. 1). Выходы подземных вод перекрыты песчаными отложениями, но, если выкопать ямку на глубину до 40–50 см, она быстро заполняется теплой водой температурой 34–38°C, сквозь которую изредка поднимаются пузырьки газа (рис. 5 на 1 стр. обложки).

Кроме того, были проведены измерения расходов и выполнено опробование наиболее крупных рек центральной части острова, дренирующих вулканические постройки, включая Куйбышевку, Курилку и другие.

Работы на о. Кунашир. Кунашир — самый южный из Курильских островов, на котором расположены три активных вулкана, два из которых представляют собой крупные вулcano-гидротермальные системы (Менделеева и кальдера Головна). Как и в 2020 г. (Калачева, 2020), полевые исследования этого года были сосредоточены в кальдере вулкана Головна, расположенного в южной части острова (рис. 1а). Для работ по оз. Кипящее была использована надувная двухместная лодка (рис. 6а). С ее помощью, для изучения водного и химического баланса озера, была проведена батиметрическая съемка и, используя батометр объемом 1 л, выполнено гидрохимическое опробование на разных горизонтах от поверхности до дна (рис. 6б). В ходе эхолотного профилирования выявлено, что дно оз. Кипящее имеет форму «шляпа ведьмы» — широкие поля глубиной 1–1.5 м и резкий конусовидный провал в центральной части, из которого непрерывным потоком поднимается газ. Максимальная измеренная глубина составила 26.9 м, что более чем на 10 м превышает ранее полученные значения. Согласно данным, опубликованным в монографии Д.Н. Козлова (2015), глубина оз. Кипящее составляет 16 м.

В этом году были продолжены работы по оценке диффузионного потока CO_2 , сквозь термальные поля и непосредственно оз. Кипящее, используя метод накопительной камеры (рис. 6в). Было выполнено более 40 измерений с поверхности воды и вдоль береговой линии. Одновременно с измерением потока газа в каждой точке определялась температура воды/грунта.

Работы в кальдере вулкана Головна выполнялись при постоянном содействии Государственного природного заповедника «Курильский». Информация о наших работах на территории о. Кунашир размещена на сайте заповедника <http://kurilskiy.ru/newspost/937>.

ЭКСПЕДИЦИЯ НА о. ПАРАМУШИР

Остров Парамушир остается основным объектом наших исследований на протяжении многих лет. В 2021 г. работы носили достаточно кратковременный характер, экспедиция состоялась с 6 по 18 августа. Добирались в г. Северо-Курильск и возвращались обратно в г. Петропавловск-Камчатский на рейсовом теплоходе «Гипанис». Длительность рейса в одну сторону занимает 18–20 часов. В этом году мы продолжили работы в северной части острова в районе действующего вулкана Эбеко (рис. 1а, рис. 7а) и на реках, дренирующих восточный склон хребта Вернадского. На термальных полях, расположенных на внешнем восточном склоне молодого конуса вулкана Эбеко было выполнено режимное гидрохимическое опробование и отбор проб фумарольных газов (рис. 7б). Из-за длительного отсутствия дождей, часть водных котлов, наблюдаемых нами ранее, превратилась в парогазовые струи. Единственный достаточно крупный котел сохранился на месте взорвавшейся около



Рис. 6. Озеро Кипящее в кальдере вулкана Головнина, о. Кунашир (а), гидрохимическое опробование (б), определение потока CO_2 методом накопительной камеры (в) (фото К.В. Тарасова).

Fig. 6. Lake Kipyashchee in the caldera of Golovnin volcano, Kunashir Island (a), hydrochemical sampling (b), and determination of the CO_2 flux by the storage chamber method (v) (photo by K.V. Tarasov).

10 лет назад фумаролы Рогатая (рис. 7в), а также неизменными остались выходы термальных вод в русле одного из истока руч. Лагерный, дренирующего данный склон вулкана. На юго-восточном фумарольном поле также были продолжены работы по оценке диффузионного потока CO_2 .

Основной из новых задач этого года при работах в привершинной части вулкана Эбеко было опробование озера, расположенного в Среднем кратере вулкана. Средний кратер граничит с Северным, который является местом продолжающегося последние 5 лет извержения (рис. 8а). В связи с тем, что спуск к озеру небезопасен, гидрохимическое опробование было проведено с помощью беспилотного летательного аппарата. До начала экспедиции подобная методика забора воды нами была успешно апробирована на вулканах Мутновский и

Малый Семячик, расположенных на Камчатке. К квадрокоптеру на длинном капроновом шнуре были привязаны три пробирки общим объемом 150 мл, которые и погружались в озеро для забора воды (рис. 8б–г). Полевые замеры показали, что вода в озере холодная, но кислая ($\text{pH}=2.3$) и минерализованная (>1.5 г/л). Используя оборудование, приобретенное ИВиС ДВО РАН по программе обновления приборной базы в 2020 г. (рис. 9), были выполнены аэрофотографическая и инфракрасная съемки привершинной части вулкана, включая кратера и все термальные поля. Съемки охватывали и долину р. Юрьева, в верховьях которой находятся ультракислые Верхне-Юрьевские источники (рис. 7а).

В этом году было сделано несколько дополнительных маршрутов по руслам рек, дренирующих восточный склон северной части хребта

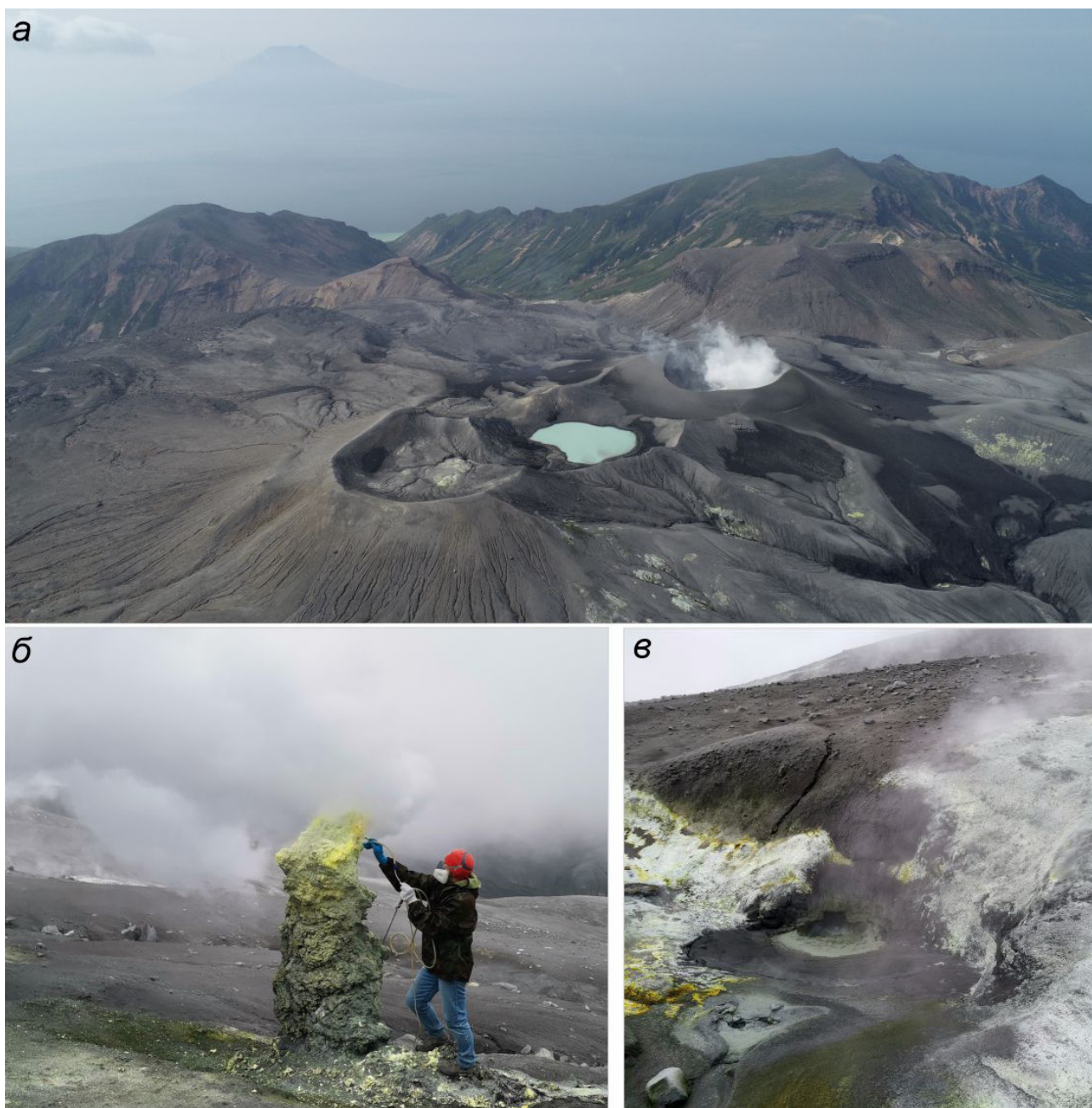


Рис. 7. Вид на привершинную часть вулкана Эбеко (о-в Парамушир) (а) (фото Д.В. Мельникова), отбор газа на фумароле «Большая» (б), кипящий котел на месте фумаролы «Рогатая» (в) (фото автора).

Fig. 7. Craters of the Ebeko volcano, Paramushir Island (а) (photo by D.V. Melnikov), gas sampling on the «Bol'shaya» fumarole (б), and boiling pool in place of the «Rogataya» fumarole (в) (photo by the author).

Вернадского. Выполнено измерение их расходов в устьевых зонах, проведено опробование речных и подземных вод, разгружающихся в долинах вблизи русел. Особое внимание уделено источникам, расположенным в верховьях р. Птичь. Разгрузка подземных вод в долине р. Птичь Красная (левый исток) сопровождается интенсивным осаждением гидроокислов железа (рис. 10а), которое наблюдается ниже по течению на протяжении нескольких километров и в самом русле (рис. 10б). По правому истоку происходит осаждение гидроокиси алюминия, за что водо-

ток получил название Птичья Белая (рис. 10в). Обе группы источников отличаются высокими суммарными дебитами (более 1 м³/с у каждой группы) и составляют основную часть питания р. Птичь в межень.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очередной экспедиционный год по Курильским островам закончился успешно. В ходе полевых работ получено много новых данных по геохимии термальных и речных вод, составу

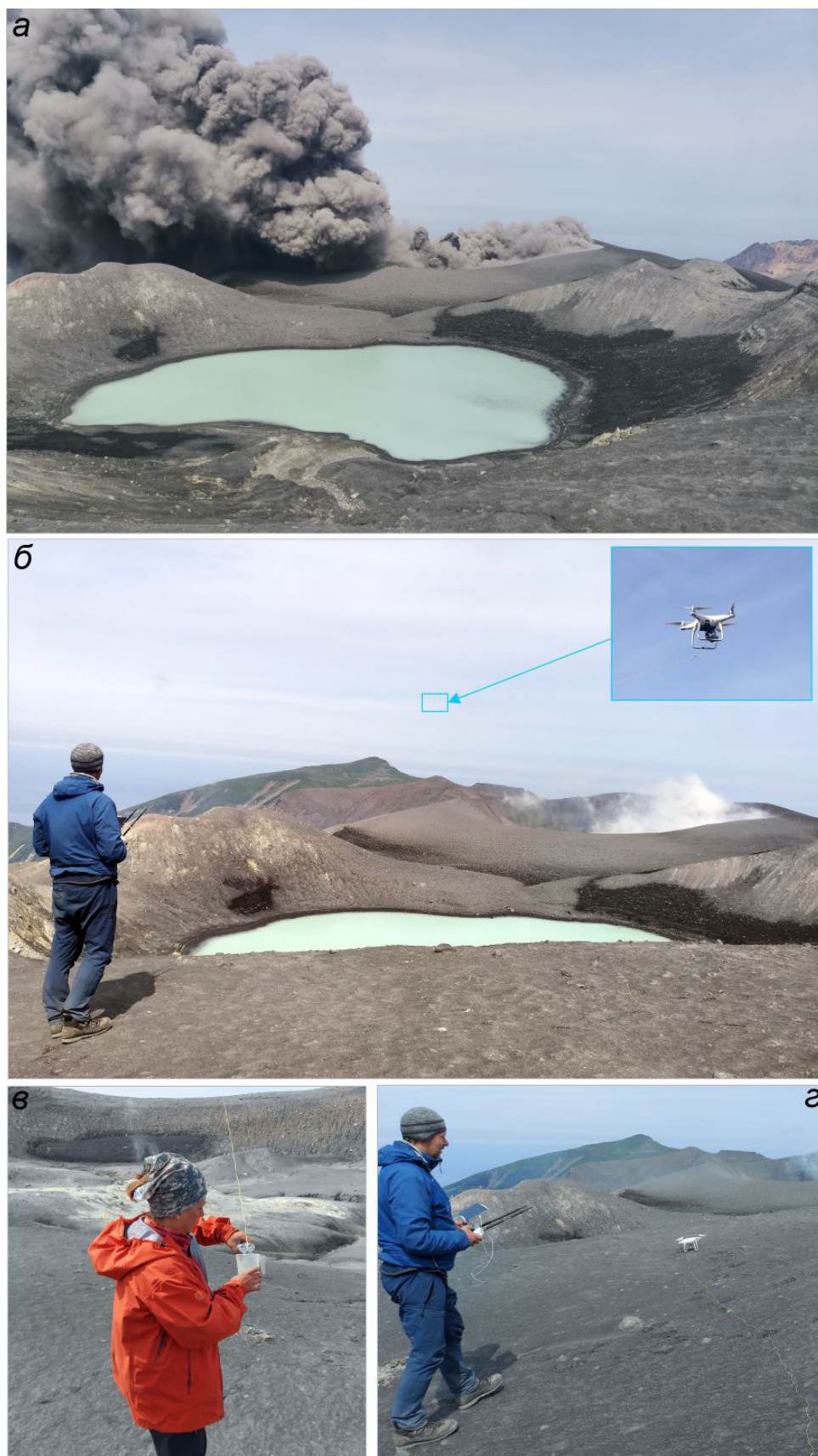


Рис. 8. Отбор водной пробы с озера в Среднем кратере вулкана Эбеко. Вид на Средний и Северный кратер (а), этапы опробования (б–з) (а, б — фото автора; в, з — фото Т.А. Котенко).

Fig. 8. Water sampling from the lake in the Srednii (Middle) Crater of Ebeko Volcano. View to the Middle and Northern craters (а), stages of sampling (б–з) (а, б — photo by the author; в, з — photo by T.A. Kotenko).



Рис. 9. Квадрокоптер, оснащенный визуальной и инфракрасной камерой на фоне вулкана Эбеко (фото Д.В. Мельникова).

Fig. 9. Quadcopter equipped with a visual and infrared camera against the background of the Ebeko volcano (photo by D.V. Melnikov).



Рис. 10. Истоки р. Птичь (о-в Парамушир). Источники р. Птичь Красная (а), долина р. Птичь Белая (б) (фото автора).

Fig. 10. Sources of the Ptichia River, Paramushir Island. Springs of the Ptichia Krasnaya River (а), the valley of the Ptichia Belaya River (б) (photo by the author).

вулканических газов. Впервые было проведено поинтервальное опробование оз. Кипящее (кальдера вулкана Головнина, о. Кунашир), которое позволит проследить гидрохимическую зональность в озере. Проведены гидрологические и гидрохимические работы на реках,

дренирующих склоны активных вулканов центральной части о. Итуруп. Сделана инфракрасная съемка вулкана Эбеко и долины р. Юрьева (о. Парамушир), измерен диффузионный поток CO_2 сквозь отдельные термальные поля и оз. Кипящее.

В заключительных словах хочу выразить огромную благодарность моим постоянным коллегам по экспедиционным работам на Курильских островах: Е.В. Волошиной, Т.А. Котенко, Л.В. Котенко, Д.В. Мельникову, Д.Ю. Кузьмину, К.В. Тарасову, И.А. Бойковой, а также нашим волонтерам А.М. Егорову и Р.Л. Пташинскому за постоянную поддержку и желание продолжать работу, невзирая на все возникавшие сложности, как природного, так и бытового характера. Отдельные слова признательности адресую сотрудникам заповедника «Курильский» за всестороннюю помощь членам нашего научного коллектива при работах в кальдере Головнина на о. Кунашир.

Экспедиции 2021 г. на острова Кунашир, Итуруп и Парамушир состоялись при финансовой поддержке гранта РФФ №20-17-00016 «Роль термальных вод в выносе магматических летучих и химической эрозии вулканических островов (на примере Курильской островной дуги)». Дополнительно, при работах в северной части о. Парамушир были задействованы средства гранта РФФИ №20-05-00517 «Ультракислые гидротермальные системы как индикаторы вулканической активности (на примере вулкана Эбеко, о. Парамушир, Курильские острова)».

Зеленов К.К. Вулканы как источники рудообразующих компонентов осадочных толщ. М: Наука, 1972. 216 с. [Zelenov K.K. Volcanoes as sources of ore-forming components of sedimentary deposits. M: Nauka, 1972. 216 p.].

Знаменский В.С., Никитина И.Б. Гидротермы центральной части острова Итуруп (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 44–65. [Znamensky V.S., Nikitina I.B. Hydrotherms of the central part of Iturup Island (Kuril Islands) // Volcanology and seismology. 1985. № 5. P. 44–65 (in Russian)].

Калачева Е.Г. Экспедиционные исследования Курильских островов в 2020 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020. № 4. Вып. 48. С. 101–107. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-4-48-101-107> [Kalacheva E.G. Expeditional exploration of the Kuril Islands in 2021 // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2021. № 4(48). P. 101–107 (in Russian)].

Козлов Д.Н. Кратерные озера Курильских островов. Южно-Сахалинск: ГБУК «Сахалинский областной краеведческий музей», ИМГиГ ДВО РАН, 2015. 112 с. [Kozlov D.N. Crater lakes of the Kuril Islands. Yuzhno-Sakhalinsk: «Sakhalin Regional Museum», IMG FEB RAS, 2015. 112 p. (in Russian)].

EXPEDITIONAL EXPLORATION OF THE KURIL ISLANDS IN 2021

Kalacheva E.G.

*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlosk-Kamchatsky, Russia, 683006;
e-mail: keg@kscnet.ru*

This report gives a brief description of field work on the Kuril Islands in summer 2021 carried out by staff of the Institute of Volcanology and Seismology of FEB RAS within the framework of the Institute research theme and projects of the Russian Science Foundation (RSF) and Russian Fund for Basic Research (RFBR). To study chemical erosion of volcanic islands and to estimate hydrothermal export of magmatic volatiles, hydrological and hydrochemical works were carried out on the rivers draining the slopes and thermal fields of the Baransky volcano and the Bogdan Khmelnitsky volcanic massif (Iturup Island). Detailed hydrochemical studies with water sampling at different depths and a bathymetric survey of Lake Kipyashchey located in the caldera of Golovnin volcano (Kunashir Island) were performed. We also proceeded with studying the CO₂ diffusion flux through thermal fields and volcanic lakes. In the course of ongoing regime observations on Ebeko volcano (Paramushir Island), aerial and infrared imaging of its near-crater part was carried out. For the first time since the eruption began in 2016, a quadcopter survey of the lake located in the Srednii (middle) crater of the volcano was conducted. For further analytical studies a large number of water and gas samples were taken, and the collection of sediments was replenished.

Keywords: expedition, Kuril Islands, volcano, thermal water, volcanic gas.

Поступила в редакцию 01.09.2021

После доработки 09.09.2021

Принята в печать 27.09.2021