

¹А. С. Гусев, ²А. Б. Белоусов, ³С. А. Воропаев

¹*Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ
им. М. В. Ломоносова*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

³*Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН*

ПЕЩЕРА ШОКОЛАДНАЯ (КАМЧАТКА): РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 2019 ГОДА

A. S. Gusev¹, A. B. Belousov², S. A. Voropaev³

¹*Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov Moscow State University*

²*Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern Branch of the Russian Academy of
Sciences*

³*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences*

SHOKOLADNAYA CAVE (KAMCHATKA): RESULTS OF THE 2019 RESEARCH

Summary

The results of caves (lava tubes) research in the Kamchatka Peninsula in 2019 are presented. Shokoladnaya cave (total length 339 m, depth 25 m) was passed and mapped. It was formed as a result of the 2012-13 flank fissure eruption of Plosky Tolbachik Volcano. Now it is one of the largest volcanic caves in Russia. The prospects of study the volcanic, glacial, and abrasion caves of the peninsula are discussed.

Камчатско-Курильская спелеострана занимает особое положение среди регионов России. В отличие от остальной территории страны, где доминирующим типом пещер являются карстовые, на Камчатке наиболее распространены вулканические полости. Уникальность еще относительно малоизученных пещер полуострова делает проведение их исследований особенно актуальным.

История исследований. Изучение пещер Камчатки началось относительно поздно по сравнению с остальной территорией СССР. Этому способствовало не только удаленность полуострова, но и его закрытость в советское время. Первые пещеры здесь были открыты и описаны вулканологами С. А. Федотовым и Ю. Б. Слезинным в 1975–76 годах (крупнейшая на Камчатке пещера Толбачинская (Звезда) в конусе Звезда и небольшой колодец в конусе горы Высокой вулкана Плоский Толбачик) [1, 2]. В 80-е годы XX века к ним прибавились небольшая лавовая полость около пос. Ключи и ледниковая пещера на вулкане Ушковский [2, 3].

В постсоветское время спелеологические исследования на Камчатке резко активизировались. В них принимали участие как российские (Ю. В. Евдокимов, А. Б. Белоусов и др.), так и зарубежные исследователи (И. Вейдман и др. (Швейцария), Я. Свободова и М. Коштак (Чехия) и др.) [2, 4-6]. Результатом стало открытие более трех десятков пещер: лавовых на вулканах Плоский Толбачик, Горелый и Ключевская Сопка и ледниковых и снежно-фирновых на вулканах Ключевская Сопка, Безымянный, Кихпинич, Мутновский (рис. 1) [2, 6]. Обобщающая работа по механизмам образования и истории исследования вулканических пещер Камчатки была опубликована в 2008 г. Ю. Б. Слезинным [2]. Между 2008 и 2014 годами на полуострове было открыто лишь две новых лавовых пещеры: одна – на вулкане Горелый [7] и одна снежно-фирновая полость – на вулкане Мутновский.

Ситуация резко изменилась после мощного Трещинного Толбачинского извержения, начавшегося 27 ноября 2012 г. и продолжавшегося более 9 месяцев. Общая площадь сложнопостроенного лавового поля, состоящего из переслаивания многочисленных потоков типа «аа» и «пахойхой» трахиандезитобазальтового состава, достигла 40 км², а объем – около 0,7 км³ при максимальной толщине лавовых наслоений до 70 м [8, 9]. Начиная с июня 2014 г., сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Института геологии рудных месторождений РАН и спелеологами России, Украины и Белоруссии проведены несколько экспедиций на лавовые поля извержения 2012–13 годов, в результате которых были найдены и исследованы 9 новообразованных вулканических пещер (рис. 1) [10].



ис. 1. Расположение пещер Камчатки

Основной сложностью при первопрохождении являлись высокие температуры (до 400 °С), опасность загазованности и обрушения кровли [10, 11]. Красочное описание особенностей исследования новых пещер приведено Ю. В. Евдокимовым [12]. Результаты минералого-геохимических исследований лав и образованных в них полостей были представлены в работах [10, 13-16].

Среди изученных новых полостей описана, также и крупная пещера Марина длиной 357 м и глубиной 44 м – вторая по протяженности и глубочайшая пещера Камчатки (аналогичное положение полость занимает и списке крупнейших лавовых пещер России) [6, 11].

В условиях холодного камчатского климата остывание пещер происходит достаточно быстро, но с различной скоростью, которая зависила от характера подземной циркуляции воздуха [10]. Из-за этого полное прохождение и изучение возможны до сих пор не для всех пещер. В частности, среди девяти найденных пещер были пройдены до конца лишь пять [11].

Район исследований. В настоящее время на Камчатке известно 43 вулканических и 6 ледниковых и снежно-фирновых пещер [6]. В рамках спелеологического районирования все они относятся к Восточно-Камчатской спелеообласти Камчатской спелеопровинции Камчатско-Курильской спелеостраны (рис. 1) [6]. Спелеообласть располагается на территориях Восточного вулканического пояса (хребет Восточный и др.) и Центрально-Камчатской депрессии [6]. Все лавовые пещеры расположены у трех вулканов: Горелого (16 пещер), Плоского Толбачика (24 пещеры) и Ключевской Сопки (2 пещеры). Одна пещера известна у пос. Ключи (рис. 1).

Пещеры, относящиеся к толбачинской группе, можно разделить на три части: пещеры конуса Звезда (14 пещер, включая крупнейшую – Толбачинскую), пещера конуса горы

Высокая и пещеры, образовавшиеся в результате извержения 2012–13 годов (9 пещер, расположенных у конусов Набоко, Красный и Клешня; рис. 1).

Исследованная нами пещера Шоколадная (рис. 2) является самой южной и удаленной полостью последней группы. Она расположена к востоку от конуса Клешня в северо-западной части Толудского лавового поля (рис. 1) [11].



Рис. 2. Вход в пещеру Шоколадная (фото А. Гусева)

Описание пещеры Шоколадной. Пещера была открыта летом 2014 г., однако из-за высокой температуры (360 °С [11]) исследована не была. Быстрое охлаждение пещеры (более 100 °С/год) привело к тому, что уже в 2017 г. температура в ней понизилась почти до среднеатмосферной, и она стала доступной для изучения. В том же году топоъемка первых 65 м полости была проведена А. Белоусовым [11].

Пещера известна под несколькими названиями: Шоколадная, Помойка, Сожженных Волос. В туристических кругах упоминается как пещера Люстра (С люстрой).

Исследование пещеры проводилось в рамках экспедиции Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН (рук. – С. Воропаев). В составе экспедиционной группы работали спелеологи А. Гусев, Б. Галицкий, А. Зайцев, О. Сусова и А. Шикалова. Топоъемка пещеры была проведена 9 сентября 2019 г. А. Гусевым и А. Шикаловой с помощью модифицированного лазерного дальномера Leica DISTO X310. Результаты топографической съемки представлены на рисунке 3. Высота входа в пещеру – 1493 м над уровнем моря.

Входная воронка пещеры диаметром 3,5 м и глубиной 3 м в своей юго-восточной части имеет арочный вход размером 2 x 2,5 м (рис. 2). В восточной части основного входа имеется второй узкий выход на поверхность сечением 0,5 x 0,5 м. Первые 50 м пещера развивается в восточном направлении, после чего поворачивает на юг – юг-юго-запад. Характерная ширина ходов пещеры – 5–10 м, высота – 3–7 м. В 70 м от входа имеется расширение, в потолке которого сквозь камни видна щель на поверхность. В центральной части полости располагается обвальный зал диаметром около 25 м и высотой до 7 м. В потолке зала находится еще один выход на поверхность размером 2 x 0,7 м (рис. 4). Площадь зала оценена нами в 480 м², объем – в 1500 м³. На последних 15 м сечение основного хода резко снижается

до сечения 2 x 1 м; его окончание запечатано застывшей лавой. Однако слева через перегиб, сложенный крупным шлаком, в том же направлении продолжается ход с сечением примерно 0,5 x 0,5 м. Для проникновения в него необходимо разгрести шлак; применение инженерных методов прохождения не требуется. Вместе с тем, резкое сужение объемов в дальней части пещеры делает перспективы заметного увеличения длины полости маловероятными.

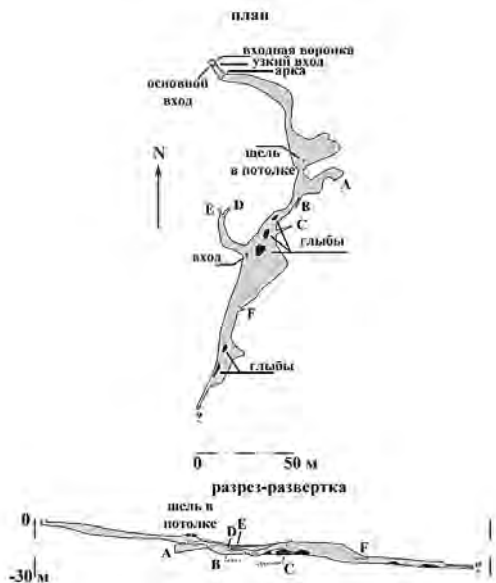


Рис. 3. План и разрез-развертка пещеры Шоколадной (топосъемка А.Гусев, А. Шикалова, 2019)



Рис. 4. Обвалный зал с входом в потолке (фото А. Гусева)

В пещере найдено несколько боковых ответвлений, как широких (А, DE, с сечениями как у основного хода), так и узких (В, С, F, с сечениями порядка 0,5 x 0,5 м). Боковые хода А, D, E, F в конце запечатаны застывшей лавой. Хода В и С, заканчивающиеся труднопроходимыми завалами, скорее всего, являются остатками единой лавовой трубы.

Пол пещеры почти повсеместно завален камнями и глыбами, крупнейшие из которых достигают объема в несколько кубометров. Максимальная высота завала 7 м зафиксирована в северной части зала (глыбы напротив хода С на рисунке 3). Здесь же, на потолке, имеется большое количество неустойчиво висящих крупных камней, грозящих обвалом. Отметим, что пещера активно посещается туристами Природного парка, как минимум, до зала (повидимому, отсюда и название «Люстра» в местных путеводителях).

Температура воздуха в пещере соответствовала атмосферной. Во многих местах наблюдалась интенсивная капель, что связано со значительным количеством осадков в виде дождя и снега, выпавших за сутки до этого (08.09.2019 г.).

По результатам топосъемки общая длина ходов пещеры составила 339 м, в том числе 229 м – основного хода, глубина пещеры – 25 м. Дальняя точка находится в 181 м почти точно к югу (182°) от входной воронки. Полость имеет формально 4 входа. Морфометрические показатели делают пещеру Шоколадную третьей длиннейшей пещерой Камчатско-Курильской спелеостраны и третьей длиннейшей вулканической пещерой России, после Толбачинской (Звезды, 540/-11) и Марины (357/-44). Она также является третьей пещерой Камчатско-Курильской спелеостраны, после Марины и ледниковой Ушковской (185/-35) и второй вулканической пещерой России по глубине.

Генезис, отложения и минералогия пещеры Шоколадной. Полость является очень молодым природным объектом, ее активное развитие еще продолжается. Ожидается дальнейшее падение висящих камней, особенно в районе зала и вокруг узкой щели в потолке (рис. 3). Однако тот факт, что полость уже два года находится в состоянии термодинамического равновесия с поверхностью, позволяет надеяться на отсутствие крупных катастрофических изменений макрорельефа.

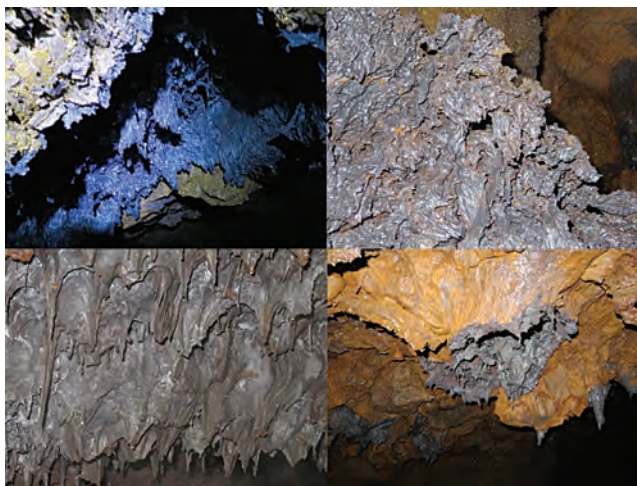


Рис. 5. Минеральные сталактиты, базальтовые сосульки, застывшая трахиандезибазальтовая лава в пещере (фото А. Гусева)

Сложнее говорить о перспективах долгого существования полости. Известно, что лавовые пещеры Камчатки, как правило, недолговечны. Своды пещер довольно легко и быстро разрушаются как из-за трещиноватости и непрочности самой лавы, так и вследствие холодного климата, сильных ветров и мощного снежного покрова [2, 6]. Лавовые трубы длиной в несколько километров, образовавшиеся во время извержения 1975–76 годов, обрушились в течении нескольких лет [2, 6]. С другой стороны, факт наличия крупной полости Толбачинской и ряда меньших пещер на куполе Звезда, сформировавшихся в лавах извержения 1739 г., свидетельствует о том, что, по крайней мере, часть вулканических пещер на Камчатке может сохраняться долгое время.

Обальный зал пещеры Шоколадной является достаточно типичным морфологическим элементом для лавовых полостей. Похожий зал полусферической формы с небольшим выходом на поверхность в потолке известен в пещере Холодной, сформированной в результате того же извержения Толбачика 2012–13 годах. Зал такой же формы (но без выхода на поверхность) имеется и в пещере Сауна. Механизм образования подобных структур хорошо известен. Если на пути движения лавы возникает локальное сужение, либо происходит блокировка свободного течения лавы аккреционными шарами, выше по течению от заблокированного участка начинается быстрое накопление лавы. Гидростатическое давление увеличивается, его скачки приводят к разрывам стенок лавовых труб и силлоподобным внедрениям новых порций лавы в толщу формирующегося лавового поля. В результате могут образовываться выходы на поверхность (в случае прорыва в потолке трубы) и боковые рукава лавовых труб. После разрыва трубы гидростатическое давление лавы резко падает, и вспучивание сменяется проседанием [2, 6, 11]. В случае пещеры Шоколадной лавовый поток разорвал локально свод зала, образовав неширокий выход на поверхность в потолке, и сформировал широкую боковую лавовую трубу под ним (ход DE на рис. 3).

Пещера богата отложениями и элементами микрорельефа. На стенках обильно встречаются базальтовые сосульки, разноцветные минеральные вкрапления и сталактиты различного минерального состава, на полу – куски застывшей лавы причудливой формы (рис. 5). Физический механизм образования натечных форм различного минерального известен. Первоначально эти минеральные вещества кристаллизовались в трещинах массива лавового поля из газов, отделяющихся при остывании базальтового расплава. Когда температура пород лавового поля локально понижается до 100 °С, начинается просачивание по трещинам метеорных вод, которые растворяют и переносят эти вещества в находящуюся ниже полость [10].

Изучение химического и минерального состава пещерных отложений нами на данный момент не проводилось. По-видимому, он не должен принципиально отличаться от состава в других пещерах, образовавшихся в результате данного извержения. Детальные минералогические исследования проводились, в частности, в пещере Сауна [15, 16].

Наше внимание привлекли полупрозрачные кристаллы белого цвета длиной до 7 см и шириной до 0,5 см горько-соленые на вкус, свободно лежащие на полу и плитах в некоторых местах пещеры (в ее средней трети). Образцы кристаллов были взяты на анализ. Предположительно, это кристаллы тенардита с возможными примесями солей натрия, калия, магния. Подобный минеральный состав зафиксирован в отложениях пещеры Сауна [15, 16].

Пещеры невулканического происхождения. Ледники занимают значительную площадь на склонах многочисленных вулканов Камчатки [6]. В отличие от лавовых, ледниковых и снежно-фирновых полости систематически не исследуются. Как уже упоминалось выше, на Камчатке описано лишь 6 ледниковых пещер на склонах 5 вулканов (рис. 1). Участники экспедиции посетили вулканы Мутновский и Авачинский, а также Авачинскую бухту. Хотя изучение невулканических пещер не входило в задачу экспедиции,

нами наблюдались входы в полости во льдах и фирне как на Мутновской, так и на Авачинской Сопках. Несколько потенциальных входов отмечено в нижней части северного и северо-восточного склонов вулкана Авачинский. Ранее упоминаний о ледниковых пещерах здесь в литературе не зафиксировано.

Осмотр берегов Авачинской бухты с моря показал наличие большого количества волноприбойных (абразионных) гротов и ниш, а также трещин в скалах (рис. 6). Эти полости ранее не описывались в литературе и, по-видимому, не исследовались. Безусловно, абразионные полости должны быть достаточно широко распространены вдоль тихоокеанского побережья Камчатки. На это указывает и наличие гротов волноприбойного происхождения на Курильских островах [6].

Возможное спелеологическое районирование Восточно-Камчатской спелеообласти.

В связи с созданием базы данных пещер России и разработкой спелеологического районирования страны можно предложить районирование Восточной Камчатки на среднем и нижнем уровне таксонов (от района и ниже) исходя из современного уровня спелеологической изученности области (табл.).

Предлагается разделить часть территории Восточной Камчатки на 4 спелеорайона: Центрально-Камчатский (охватывает территорию Центрально-Камчатской депрессии между реками Камчаткой, Хапицей и Толбачик), Южно-Кроноцкий (с границами между Кроноцким заливом, рекой и озером и рекой Жупановой), Северо-Авачинский (между реками Жупановой, Авачей и северной частью Авачинского залива) и Вилючинский (территория горных массивов между реками Авачей и Асачей, исключая Ганальский хребет, и южной частью Авачинского залива).



Рис. 6. Абразионные ниши и гроты, трещины в прибрежных скалах Авачинской бухты (фото А. Гусева)

Данное деление основано на географических критериях, в спелеорайоне возможно наличие пещер различного генезиса. Это обусловлено геологической однородностью Восточной Камчатки, отсутствием карстовых пещер и недостаточной спелеологической изученностью.

Таблица

Схема спелеологического районирования Восточно-Камчатской спелеообласти

Район	Участок	Подучасток	Количество пещер		
			вулк.	ледн.	др.
Центрально-Камчатский	Поселка Ключи Ключевской Безымянный Ушковский Толбачинский	Конуса Набоко Горы Высокой Конуса Звезда	1	-	-
			2	1	-
			-	1	-
			-	1	-
			9	-	-
			1	-	-
14	-	-			
Южно-Кроноцкий	Кихпиньинский		-	1	-
Северо-Авачинский	Авачинский Восточный Авачинской бухты		-	возм.	-
			-	-	возм.
Вилючинский	Мутновский Вулкана Горелый	Северо-Западный Юго-Восточный	-	2	-
			14	-	-
	2	-	-		
	-	-	возм.		

Спелеоучастками при таком районировании могут быть лавовые и ледниковые поля отдельных вулканов. Для вулканов Плоский Толбачик и Горелый, где найдено несколько компактно расположенных групп пещер различного возраста, имеет смысл выделение подучастков. В каждом из таких спелеоподучастков пещеры имеют единое генетическое происхождение.

Заключение. Экспедицией московских спелеологов в 2019 г. была исследована пещера Шоколадная (длина ходов 339 м, глубина 25 м), образовавшаяся в результате извержения вулкана Плоский Толбачик (Камчатка) 2012–13 годах и ставшая одной из крупнейших вулканических пещер России. Сделано предположение о наличии ледниковых пещер на вулкане Авачинский и абразионных полостей в прибрежных скалах Авачинской бухты.

Авторы благодарят Б. Галицкого, А. Зайцева, О. Сусову, А. Шикалову, М. Белоусову, В. Севостьянова, Н. Душенко, Ю. Коростелеву, С. Коростелева, А. Шелепина, Ю. Евдокимова, Е. Щетинина и К. Тарасова.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-05-00554) и Русского географического общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотов С.А., Мархинин Е.К., Ковалев Г.Н., Слезин Ю.Б., Цюрупа А.И. Большое трещинное Толбачинское извержение: Южный прорыв 1975–76 года // Доклады АН СССР. – 1977. – Т. 237. – № 5. – С. 1155-1158.
2. Слезин Ю.Б. Вулканоспелеология и лавовые пещеры Камчатки // Вопросы географии Камчатки. – 2008. – Вып. 12. – С. 48-58.
3. Федотов С.А., Иванов Б.В., Двигаго В.Н., Кирсанов И.Т., Муравьев Я.Д., Овсянников А.А., Разина А.А., Селиверстов Н.И., Степанов В.В., Хренов А.П., Чирков А.М.

- Деятельность вулканов Камчатки и Курильских островов в 1984 г. // Вулканология и сейсмология. – 1985. – № 5. – С. 1-19.
4. Weidmann Y., Perret C., Adank M. Preliminary data from Kamchatka expedition 1996 // Commission on Volcanic Caves of the IUS. – 1999.
5. Svobodová J., Košťák M. Kamčatské jeskyně // Speleo. – Praha, 2000. – № 32. – P. 29-31.
6. Атлас пещер России / ред. А.Л. Шелепин, Б.А. Вахрушев, А.А. Гунько, А.С. Гусев, А.И. Прохоренко, Г.В. Самохин, А.Г. Филиппов, Е.А. Цурихин. Москва: РГО, РСС, 2019. – С. 681-695.
7. Абдуллин Ш.Р. Предварительное исследование лавовых пещер юго-восточного склона вулкана Горелый (Камчатка, Россия) // Спелеология и карстология. – 2011. – № 7. – С. 26-28.
8. Belousov A., Belousova M., Edwards B., Volynets A., Melnikov D. Overview of the precursors and dynamics of the 2012–13 basaltic fissure eruption of Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia. // Journal of Volcanology and Geothermal Research – 2015. – Vol. 299. – P. 19-34.
9. Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В. Первые количественные оценки параметров трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 годов по данным аэрофотограмметрических наблюдений // Вулканология и сейсмология. – 2014. – № 5. – С. 3-11.
10. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г. Горячие лавовые пещеры вулкана Толбачик и их необычные минеральные образования // Вестник ДВО РАН. – 2014. – № 5. – С. 148-150.
11. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г. Морфология, закономерности формирования и остывания лавовых труб извержения вулкана Толбачик 2012–2013 годов // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXII Всероссийской научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. – С. 36-39.
12. Евдокимов Ю. Спелеология высоких температур // Свет. – 2015. – №40. – С. 14-41.
13. Вольнец А.О., Мельников Д.В., Якушев А.И. Первые данные о составе продуктов Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС (Камчатка) // Доклады Академии наук. – 2013. – Т. 452. – № 3. – С. 303-307.
14. Belousov A., Belousova M. Unusual minerals in hot lava caves of Tolbachik eruption 2012–13 // National Report for the Intern. Assoc. of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior 2011–2014. М.: 2015. – P. 24-25.
15. Назарова М.А., Тарасов К.В. Минералого-геохимические особенности вещества сталактитоподобных образований из лавовых пещер ТТИ 2012–2013 годов // Исследования в области наук о Земле. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2015. – С. 49-57.
16. Тарасов К.В., Назарова М.А. Вещественный состав лавопещерных минерализаций, образовавшихся в ходе Трещинного толбачинского извержения 2012-2013 годов // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 27-й науч. конф. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 2018. – С. 215-218.