

УДК: 551.21+549+069

DOI: 10.31343/1029–7812–2025–19–4–16–27

Азарова Ю.В.

Государственный геологический музей

им. В.И. Вернадского РАН

E-mail: azarova_yu@mail.ru

**ТОЛБАЧИК – УНИКАЛЬНЫЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ РОССИИ
(ПО КОЛЛЕКЦИЯМ ФОНДОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО РАН)**

АННОТАЦИЯ

Благодаря неоднократным извержениям и формированию новых моноконических конусов в историческое время Толбачинский вулканический массив (Толбачик) является одним из интереснейших геологических объектов России. Породы и фумаролы этих извержений всегда привлекали к себе самых разнообразных специалистов: вулканологов, петрологов, геохимиков, минералогов и т.д. Особенно возрос интерес к Толбачинскому массиву с момента знаменитого и одного из крупнейших извержений прошлого века, которое произошло в 1975–1976 гг. и поставило на поверхность земли 2,2 км³ вулканического материала. Многочисленные фумаролы Толбачика уникальны по своему минеральному составу и разнообразию, которое обусловлено своеобразным сочетанием физико-химических условий и механизмов формирования. На сегодня в фумарольных системах Толбачинского массива установлено более 360 минералов, из них три четверти относятся к редким, с преобладанием эндемиков фумарольной формации. В фондах Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН хранится интересная и представительная коллекция вулканических пород Толбачинского массива и минералов из его фумарол.

Ключевые слова: Камчатка, вулканы Ключевской группы, Толбачинский вулканический массив, фумаролы, вулканические бомбы, современное эгзгалиационное минералообразование.

ABSTRACT

The Tolbachik (Tolbachinsky) volcanic massif is one of the most interesting objects in Russia for geological, volcanological and mineralogical study. The fumarole fields of Tolbachik have always, especially since the famous eruption of the volcano in 1975–1976, attracted and continue to attract a wide variety of specialists: volcanologists, petrologists,

geochemists and mineralogists. The numerous fumaroles of Tolbachik are unique in their mineral composition and its diversity, which is due to a unique combination of physical and chemical conditions and formation mechanisms. To date, more than 360 minerals have been identified in the fumarole systems of this massif, three quarters of which are rare, with a predominance of endemics of the fumarole formation. In the collections of the Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences keeps an interesting and representative collection of volcanic rocks and minerals from the fumaroles of the Tolbachinsky complex.

Keywords: Kamchatka, Klyuchevskaya group volcanoes, Tolbachik volcanic massif, fumaroles, volcanic bombs, modern exhalative mineral formation.

ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Толбачик (или Толбачинский) – представляет собой вулканический массив (рис. 1а), расположенный в северной части Центральной Камчатской депрессии (ЦКД), и входящий в Ключевскую группу вулканов (КГВ). В состав массива входят: (1) основание; (2) два слившиеся нижними частями стратовулкана – потухший вулкан Острый Толбачик (высота 3682 м) и действующий вулкан Плоский Толбачик (высота 3085 м); (рис. 1б); (3) многочисленные дайки различного состава; (4) зона моноконических шлаковых и шлако-лавовых конусов (Брайцева и др., 1984; Чурикова и др., 2017а).





Рис. 1. Местоположение Толбачинского вулканического массива (а) (SRTM Team NASA/JPL/NIMA, Terrain Map, Kamchatka Peninsula. URL: <https://www.earthobservatory.nasa.gov/images/2967/terrain-map-kamchatka-peninsula>); Вулкан Плоский Толбачик и новообразованные конусы Большого трещинного Толбачинского извержения, радиолокационный космический снимок (б) (URL: www.kscnet.ru/ivs/volcanoes/tolb.html)

Основание Толбачинского вулканического массива представлено щитообразной структурой диаметром около 20 км и углами наклона склонов, не превышающими 5°. Его возраст, определенный К–Аг методом датирования, составил 86 тыс. лет (Чурикова и др., 2017). Вулканы Острый Толбачик и Плоский Толбачик формировались субсинхронно в позднем плейстоцене и имели сходную морфологию (Ермаков, 1977; Флеров и Мелекесцев, 2013). На границе позднего плейстоцена и голоцена произошли серьезные изменения в геотектонике района КГВ, а именно, образовалась трещинная зона растяжения шириной 13–15 км и протяженностью 60–70 км. Трещинная зона прошла через вершинную часть вулкана Плоский Толбачик и вызвала разрушения вершин обоих стратовулканов. На вулкане Плоский Толбачик сформировалась кальдера обрушения диаметром 3 км, которая в настоящее время заполнена щитовым вулканом и ледником, образуя плоскую вершину, чем и обусловлено название Плоский Толбачик. Субсинхронно с этим событием вершина и юго-восточный сектор соседнего вулкана Острый Толбачик были

срезаны мощным обвалом (Флеров и др., 2015). Во второй половине голоцена в западной части большой кальдеры Плоского Толбачика образовалась вторая, малая кальдера диаметром 1.8–2 км, которая неоднократно обрушалась и заполнялась новыми продуктами извержений. До Большого трещинного Толбачинского извержения 1975–1976 гг. (БТТИ) она представляла собой провал с диаметром 1.8 км, глубиной 20–150 м. В западной ее части выделялся колодецеобразный кратер диаметром 350–450 м и глубиной 150–200 м, временами заполнявшийся жидкой лавой. После окончания БТТИ на ее месте сформировалась кальдера диаметром 1,8 км и глубиной около 400 м (Двигало и др., 1984).

В образовавшейся трещинной зоне на протяжении всего голоцена происходили многочисленные извержения моногенного типа, формируя серию шлаковых и шлако-лавовых конусов, а также обширные шлако-лавовые поля. Региональная трещинная зона простирается от верховьев ручья Тундровый Ключ до реки Толбачик и насчитывает более 120 конусов. Северной вулкана Плоский Толбачик зона имеет юго-западное – северо-восточное простирание, а в южной части направление немного меняется на юго-юго-восточное – северо-северо-западное. Южная часть этой зоны, представляющая собой слегка выпуклую вытянутую лавовую возвышенность с многочисленными конусами, называется Толбачинским долом. Наложение этой зоны на постройку вулкана Плоский Толбачик обусловило продление его активности, в то время как находящийся вне трещинной зоны стратовулкан Острый Толбачик затух в позднем плейстоцене.

ПОСЛЕДНИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ТОЛБАЧИКА.

Большое трещинное Толбачинское извержение

В историческое время на Толбачике произошло три крупных извержения, но, поскольку в коллекциях Государственного геологического музея представлены преимущественно образцы из Большого трещинного Толбачинского извержения, то далее речь будет идти прежде всего о нем.

БТТИ – это самое известное и мощное из извержений Толбачинского массива, которое происходило в 1975–1976 гг. и сопровождалось образованием шлаковых конусов, лавовых полей и изменениями на вершине вулкана Плоский Толбачик. Извержение происходило в два этапа: Северный (СП) и Южный (ЮП) прорывы.

Первый этап извержения (СП) начался 6 июля 1975 года в 18 км юго-юго-западнее Плоского Толбачика и закончился 15 сентября 1975 года (Большое трещинное..., 1984). За это время в районе Северного прорыва было сформировано три шлаковых конуса. Первый, морфологически правильной формы, с вершинной воронкой, 299 м в высоту, был назван в честь известного вулканолога Г.С. Горшкова. Второй примыкает к конусу Горшкова с севера, высота его 278 м, он имеет подковообразный кратер. Третий, самый маленький – высотой 108 м, имеет сдвоенный кратер и сформировался к северу от Второго конуса. Извержение имело резко эксплозивный характер (Большое трещинное..., 1984).

Второй этап извержения (ЮП) начался 18 сентября 1975 года в 10 км южнее Северного прорыва и продолжался до середины декабря 1976 г. За это время сформировались шлаковый конус, возвышающийся на более чем 100-метровую высоту, лавовые поля и обширная шлаково-пепловая равнина в южной части Толбачинского дола. Извержение Южного прорыва имело меньшую эксплозивность, чем Северного, и сопровождалось обильным истечением лав (Большое трещинное..., 1984).

Новые Толбачинские вулканы. Трещинное извержение им. 50-летия Института вулканологии и сейсмологии (ТТИ–50)

Последнее историческое трещинное извержение началось 27 ноября 2012 г. и закончилось в сентябре 2013 года (Толбачинское трещинное..., 2017; Сандалов, 2023). Это извержение также имело два центра извержения. Прорыв Меняйлова, который работал первые три дня, извергался из трещины юго-восточного простираения длиной около 6 км, сформированной на высотах от 2200 метров до 1500 метров над уровнем моря. Через 3 дня извержение сосредоточилось в прорыве Набоко из трещины около 1 км на высотах 1500–1600 м. (Гордеев и др., 2013). Характер извержения – излияние жидкой лавы с незначительными пепловыми выбросами.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ТОЛБАЧИНСКОГО ДОЛА

Продукты БТТИ Северного прорыва представлены магнезиальными оливин-пироксеновыми базальтами: лавы, шлаки и бомбы состоят из афировых и субафировых базальтов (рис. 2, 3). (Сандалов, 2023). Вулканические породы Южного

прорыва БТТИ представлены глиноземистыми базальтами мегаплагиофировой структуры пузыристой (пористой) текстуры (рис. 3).

Продукты трещинного извержения им. 50-летия Института вулканологии и сейсмологии на Толбачинском долу представляют собой пористые темноокрашенные магнезиальные базальты и андезибазальты (рис. 3 д). Стоит обратить особое внимание на тот факт, что при извержении прорыва Меняйлова впервые за все время извержений Толбачинского дола и всего Толбачинского вулканического массива на поверхность поступили трахиандезибазальты, аналоги которых ранее никогда здесь не извергались (Чурикова и др., 2017).

КРАТКАЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФУМАРОЛ ТОЛБАЧИНСКОГО МАССИВА, МИНЕРАЛЫ ИЗ КОТОРЫХ ПРЕДСТАВЛЕНЫ В КОЛЛЕКЦИИ ГТМ РАН

Фумаролы Толбачика уникальны по своему минеральному разнообразию. На сегодняшний день в фумарольных системах этого вулкана установлено более 360 минералов, из них три четверти относятся к редким, с преобладанием эндемиков фумарольной формации. Здесь открыто 134 новых минеральных вида (Пеков и др., 2021). Самая разнообразная минерализация установлена на фумаролах шлаковых конусов Северного прорыва БТТИ, главным образом, во Втором конусе СП БТТИ. Образцы минералов, представленные в коллекции ГТМ РАН, собраны в фумаролах этого конуса, поэтому подробно будем говорить именно о них.

Продуктивные фумаролы Второго конуса приурочены к зонам трещиноватости в его привершинной части юго-восточного склона (Сандалов, 2023). Здесь находятся две активные фумаролы – Ядовитая и Арсенатная, в настоящее время широко известные минералам и коллекционерам.

Фумарола Ядовитая – это «долгожитель» среди фумарол Толбачинского дола. Она начала активную работу с начала формирования Второго конуса – в первой половине сентября 1975 г. По строению фумарола является широкой полостью (ширина – 1.5 м, глубина – около 2 м), стенки которой покрыты богато минерализованными корками большой мощности. Частично последние изменены процессами активного выветривания. Сейчас происходит остывание фумаролы: температура от периода формирования Второго конуса до настоящего времени понизилась от 450 до 300–350°C (Вергасова и Филатов, 2016; Сандалов, 2023).

Фумарола Арсенатная, соседка фумаролы Ядовитой. Она находится в 20 м к востоку от неё. Она больше Ядовитой по размеру, ее эксгальационная минерализация более разнообразна. Однако целый ряд минералов, установленных в Ядовитой, до настоящего времени не отмечался в Арсенатной (Сандалов, 2023). Арсенатная была открыта лишь в 2012 г. из-за того, что ее минерализованные зоны не выходят на поверхность (Pekov *et al.*, 2014). Детальное исследование фумаролы идет на протяжении всего последнего десятилетия.

Кроме этих двух знаменитых фумарол отметим Главную Теноритовую фумаролу. Она расположена южнее Арсенатной и характеризуется меньшими объемами эксгальационной минерализации. Возгоны представлены, в основном, теноритом (до 1.5 м от дневной поверхности). Тенорит здесь формирует тонкокристаллические корки и сростки крупных кристаллов на базальтовом шлаке в тесной ассоциации с гематитом, ангидритом, селлаитом, медными сульфатами (Сандалов, 2023).

Конус Горшкова также характеризуется активно проявленной фумарольной деятельностью, здесь установлено около 50 минералов (Вергасова и др., 2007; Пеков и др., 2021).

ОБРАЗЦЫ ПОРОД И МИНЕРАЛОВ ТОЛБАЧИКА В ФОНДАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО РАН

Породы

В собрании «Горные породы» хранится 55 образцов базальтов Толбачинского массива. Практически все они относятся к породам, сформированным при извержении 1975–1976 гг. Большая часть образцов вулканических пород Толбачика происходит с Северного прорыва, в несколько меньшем количестве присутствуют породы из района Южного прорыва БТТИ.

Наиболее эффектными образцами являются фрагменты базальтовых бомб, и лапилли, отобранные на участке Северного прорыва. Самыми представительными из них являются образцы, переданные в фонды Ю.М. Дубиком (7 образцов). Они поражают воображение причудливостью форм, а некоторые и размерами (рис. 2).



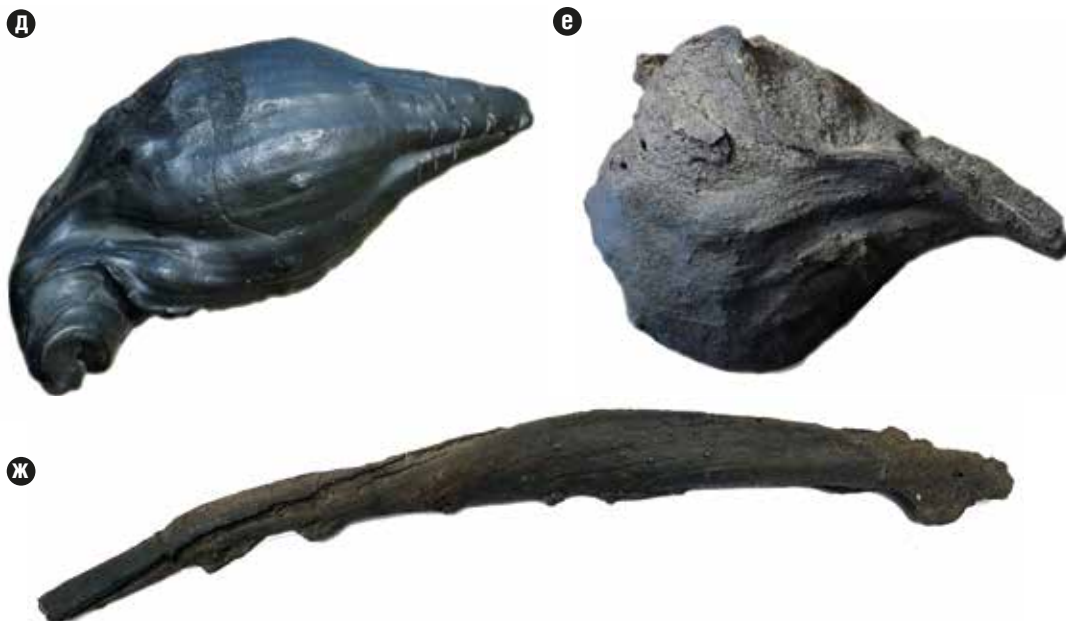


Рис. 2. Вулканические базальтовые бомбы из района Северного прорыва БТТИ, переданные в фонды ГГМ РАН Ю.М. Дубиком: а) ГГМ, ГР-13693, 49*30*13 см; б) ГГМ, ГР-13692, 46*32*13 см; в) и г) ГГМ, ГР-13694, 19*18*12 и 52*19*18 см, соответственно; д) ГГМ, ГР-13690, 30*13*10 см; е) ГГМ, ГР-13691, 24*16*14 см; ж) ГГМ, ГР-13695, 90*8,5*6 см. Фото: а–е, Азарова Ю.В., ж – Иванов М.Н.

Очень интересные образцы базальтов в фонды музея передавали и другие исследователи. Так, от В.И. Фельдмана поступили представительные образцы магнезиального базальта из района Северного прорыва БТТИ (рис. 3а) и вулканические лапилли (рис. 3е). В.А. Ермаков передал весьма представительную коллекцию, из нее по Толбачику – более 30 предметов. В этой коллекции немало образцов не только из хорошо изученного района Северного прорыва – лапилли, базальтовые бомбы, образцы пористых и плагиофировых базальтов, но и из менее «популярного» у исследователей, района Южного прорыва – образцы афанитового мегаплаг-иофирового базальта (шошонита) (рис. 3б–д). На

фоне афанитового черного базиса этого базальта отчетливо выделяются светлые кристаллы плагио-клаза размером до 2 см и их лучистые сростки, составляющие до 15% объема породы. Поры разнообразной формы составляют до 40% объема породы (рис. 3в–г). Ряд перечисленных образцов представлен на экспозиционных витринах зала «Геологические процессы» (рис. 3а, г). И, конечно, нельзя не отметить одну из «визитных карточек» ГГМ РАН – крупная (около 100 кг) базальтовая бомба, привезенная специально для музея В.М. Ладыгиным, М.М. Яриным, Т.Г. Чуриковой и Б.Н. Гордейчиком, и находящаяся напротив инсталляции со специалистом-вулканологом.

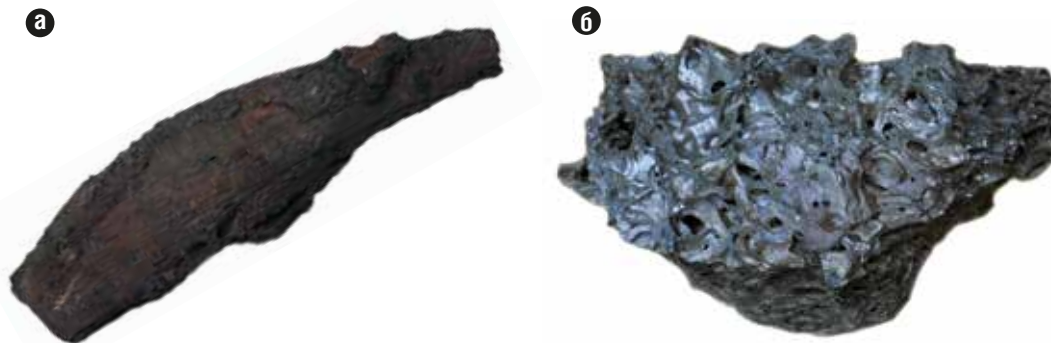




Рис. 3. Базальты и лапилли из районов Северного и Южного прорывов БТТИ 1975–76 гг. (Толбачинский дол, г. Плоский Толбачик), переданные в фонды ГМ РАН В.И. Фельдманом (а), (е) и В.А. Ермаковым (б–д). Северный прорыв: а) ГМ, ГР–01853, базальтовая бомба; б) ГМ, ГР–10516, 14*7*6 см, оливиновый базальт пузыристый. Южный прорыв: в) ГМ, ГР–10536, 11*11*11 см, мегалагиофировый базальт (шошонит); г) ГМ, ГР–10400, 10*8,5*6,5 см, мегалагиофировый базальт; Толбачинский дол: д) ГМ, ГР–10539, 12*11*10 см, базальт мегалагиофировый пузыристый; е) ГМ РАН ГР–09417, лапилли плагиоклазовые, размером 1–3 см при толщине 1–3 мм. Фото: б, в, д – Азарова Ю.В., а, г – Иванов М.Н.;

МИНЕРАЛЫ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ФУМАРОЛ

Как было сказано выше, в отложениях Толбачинских фумарол к настоящему моменту установлено около 360 минеральных видов. Основная часть этих минералов была открыта в двух фумаролах Второго конуса – Арсенатной и Ядовитой. Эти фумаролы являются рекордсменами по числу открытых минеральных видов на единицу площади в мире (Вергасова и Филатов, 2012; Пеков и др., 2020а; Сандалов, 2023).

В фондах Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН хранится интерес-

ная и представительная коллекция минералов из фумарол Толбачинского массива из 38 образцов. Большая часть из них (35 образцов) передана в музей И.В. Пековым и А.А. Агахановым, а остальные 3 – Матюшиным Л.В., Карташевым П.М. и Фельдманом В.И. Более половины образцов (20) были собраны в фумароле Арсенатная, меньшая часть (по 2–5 образцов) отобрана в фумаролах Ядовитая и Главная Теноритовая (табл. 1). 11 минералов фумарол из коллекции Музея являются недавно открытыми в них новыми минеральными видами (табл. 1). Большая часть минералов относится к группам сульфатов и арсенатов (табл. 1).

Таблица 1. Минералы из отложений фумарол Толбачинского массива в фондах ГТМ РАН

№	Название минерального вида	Формула	Группа в систематике*	Место находки**	Примечания
1.	Атакамит	$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$	Оксигалогениды, гидроксигалогениды	вулкан Толбачик (точное место не известно)	-
2.	Эвхлорин	$\text{KNaCu}_3(\text{SO}_4)_3\text{O}$	Сульфаты с доп. анионами, без H_2O	фумарола Ядовитая	-
3.	Пийпит	$\text{K}_4\text{Cu}_4\text{O}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot (\text{Na}, \text{Cu})\text{Cl}$	Сульфаты с доп. анионами	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
4.	Брадачекит	$\text{NaCu}_4(\text{AsO}_4)_3$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
5.	Крашенинниковит	$\text{KNa}_2\text{CaMg}(\text{SO}_4)_3\text{F}$	Сульфаты с доп. анионами	фумарола Главная Теноритовая	Вид открыт на Толбачике
6.	Никенихит	$\text{Na}_{0.8}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_{0.4}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AsO}_4)_3$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	-
7.	Йохиллерит	$\text{Na}(\text{Mg}, \text{Zn})_3\text{Cu}(\text{AsO}_4)_3$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	-
8.	Кальций-йохиллерит	$\text{NaCaMg}_3(\text{AsO}_4)_3$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
9.	Макбернейт	$\text{Cu}_3(\text{VO}_4)_2$	Ванадаты, арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Ядовитая	-
10.	Ламмерит	$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Ядовитая	-
11.	Эриклакманит	$\text{Cu}_4\text{O}(\text{AsO}_4)_2$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
12.	Козыревскит	$\text{Cu}_4\text{O}(\text{AsO}_4)_2$	Диморф эриклакманита	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
13.	Тилазит	$\text{CaMg}(\text{AsO}_4)\text{F}$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	-
14.	Афтиталит	$(\text{K}, \text{Na})_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$	Сульфаты без доп. анионов, без H_2O	фумарола Арсенатная	-
15.	Вульфит	$\text{K}_3\text{NaCu}_4\text{O}_2(\text{SO}_4)_4$	Сульфаты с доп. анионов, без H_2O	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике

№	Название минерального вида	Формула	Группа в систематике*	Место находки**	Примечания
16.	Берцелиит	$(\text{NaCa}_2)\text{Mg}_2(\text{AsO}_4)_3$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	-
17.	Поповит	$\text{Cu}_5\text{O}_2(\text{AsO}_4)_2$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
18.	Урусовит	$\text{CuAl}(\text{AsO}_4)\text{O}$	Арсенаты и т.п. с доп. катионами	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
19.	Софиит	$\text{Zn}_2(\text{SeO}_3)\text{Cl}_2$	Селениты с доп. анионами, без H_2O	фумаролы Второго конуса БТТИ?	Вид открыт на Толбачике
20.	Котуннит	PbCl_2	Простые галогениды	фумаролы Второго конуса БТТИ?	-
21.	Флюоборит	$\text{Mg}_3(\text{BO}_3)(\text{F},\text{OH})_3$	Монобораты	фумарола Арсенатная	-
22.	Бадаловит	$\text{Na}_2\text{Mg}_2\text{Fe}(\text{AsO}_4)_3$	Арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	Вид открыт на Толбачике
23.	Тенорит	CuO	Оксиды	фумарола Главная Теноритовая	-
24.	Шеферит	$(\text{NaCa}_2)\text{Mg}_2(\text{VO}_4)_3$	Ванадаты, арсенаты и т.п. без доп. катионов	фумарола Арсенатная	-
25.	Лабрадор	$(\text{Ca},\text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Тектосиликаты (каркасные)	вулкан Толбачик (точное место не известно)	-
26.	Халькантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Сульфаты с доп. анионами, с H_2O	фумарола Арсенатная	-
27.	Опал титан-содержащий	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Оксиды	фумарола Главная Теноритовая	-

№	Название минерального вида	Формула	Группа в систематике*	Место находки**	Примечания
28.	Касситерит	SnO_2	Оксиды	фумарола Арсенатная	-
29.	Гематит	Fe_2O_3	Оксиды	фумарола Арсенатная	-
30.	Сильвин	KCl	Галогениды	фумарола Арсенатная	-
31.	Сера самород.	S	Самородные	вулкан Толбачик (точное место не известно)	-

* – используется систематика Г. Штрунца и Э.Г. Никеля (2001). ** – указано место находки образца из коллекции фондов ГГМ РАН.

Все образцы коллекции представляют собой экземпляры прекрасного коллекционного качества. На рис. 4 представлены некоторые из наиболее эффектных. Кроме того, целый ряд минералов (9 образцов) из коллекции минералов ГГМ РАН на настоящий момент установлены только в фумаролах Толбачика и относятся к уникальным минеральным видам (являются эндемиками Толбачика).

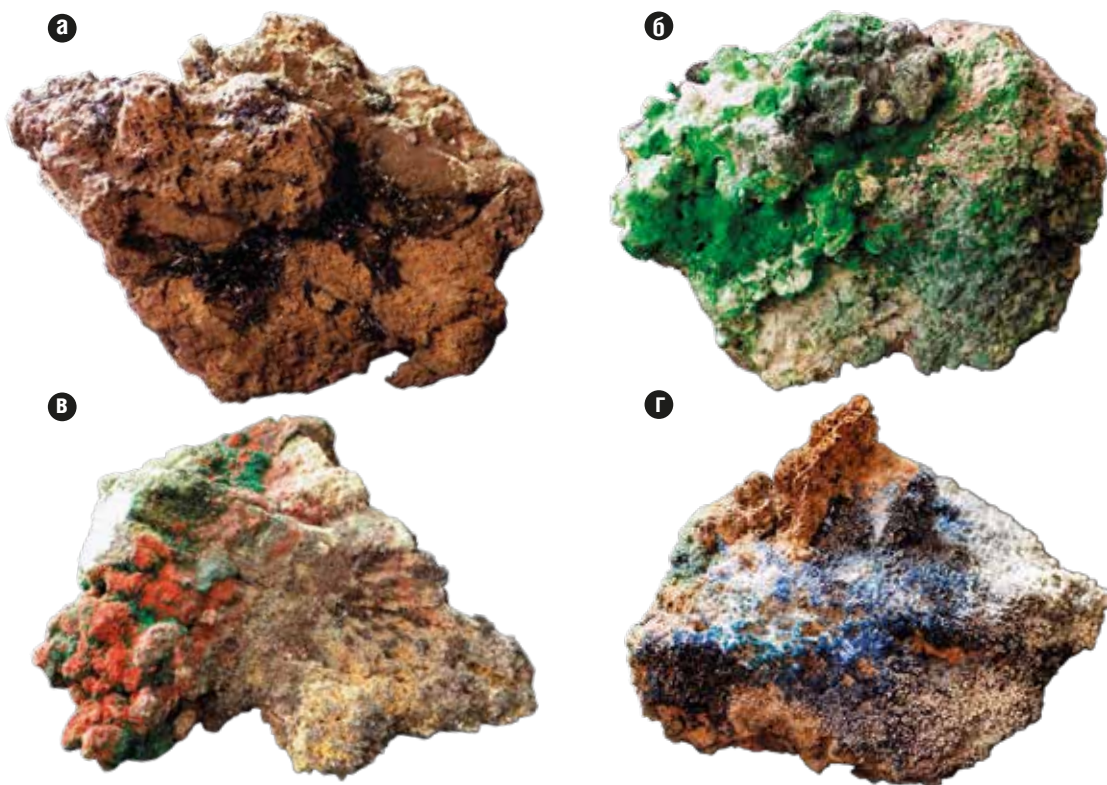
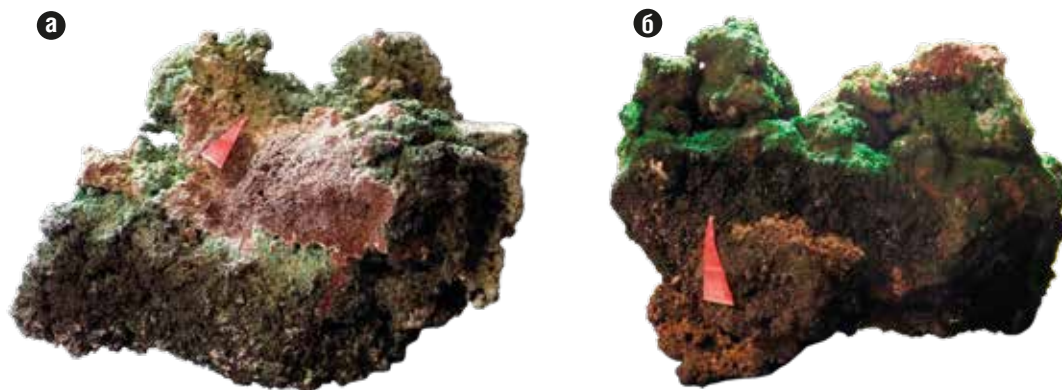




Рис. 4. Минералы фумарол Толбачика. Фумарола Главная Теноритовая: а) тенорит (темный), ГГМ, МН-64635, 9*6,5*6 см. Фумарола Ядовитая: б) эвхлорин (зеленый), ГГМ, МН-64625, 5*6*5 см. Фумарола Арсенатная: в) пийпит (зеленый) с эвхлорином, гематитом(?) (красный) и теноритом (стально-темный), ГГМ, МН-64608, 10*10*4,5 см; г) никенихит (синий), йохиллерит (фиолетовый), ГГМ, МН-64615, 8,5*8*5 см; д) флюоборит, афтиталит (оба в тесном сростании – белые, слабоокрашенные агрегаты), ГГМ, МН-64633, 7,5*6*4 см; е) шефферит (желтый), ГГМ, МН-64641, 14*9,5*9 см; ж) берцелиит (желтый, оранжевый, в белом ангидриде), ГГМ, МН-64624, 8*7*6 см; з) халькантит, ГГМ, МН-64629, 5,5*3,2*3,2 см. Фото: Азарова Ю.В.

К ним относятся такие минералы, как: **брадачекит, крашенинниковит, поповит, эриклаксманит, урусовит, бадаловит, козыревскит, кальцийохиллерит и вульфит**. Фотографии этих образцов приведены на рис. 5.



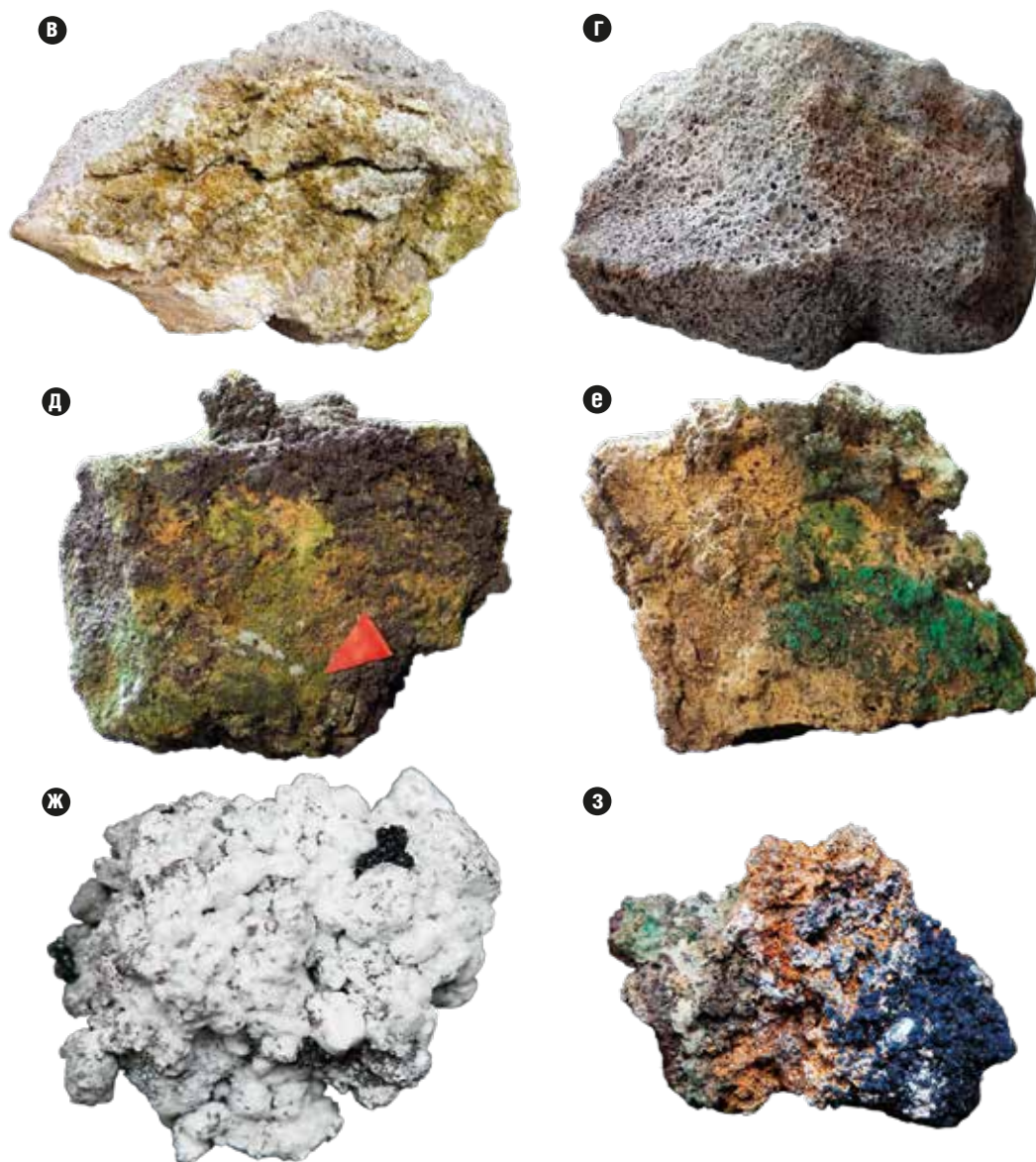


Рис. 5. Эндемики фумарол Толбачика в коллекции фондов ГГМ РАН. Фумарола Арсенатная: а) эриклаксманит (зеленый) с мелким козыревскинтом (указывает стрелка) и розоватым гематитом?, ГГМ, МН-64620, 8,5*6*4,7 см; б) вульфит (ярко- и темно-зеленый) с эвхлорином, ГГМ, МН-64634, 6*3,5*3 см; в) бадаловит, медово-коричневатый, ГГМ, МН-64639, 16*12*12 см; г) кальцийохиллерит, белесо-голубоватый, ГГМ, МН-64621, 10*7*7 см; д) поповит, зеленый, ГГМ, МН-64628, 5,5*4*4 см; е) урусовит, зеленый, ГГМ, МН-64630, 6*5,5*2,7 см; ж) крашенинниковит, ГГМ, МН-64614, 6*5,5*3 см; з) брадачекит (ярко-синий), ГГМ, МН-64613, 3,8*2,7*2,5 см. Фото: а-е – Азарова Ю.В., ж, з – Иванов М.Н.

К сожалению, несмотря на красочность, редкость и представительность образцов минералов из фумарол Толбачика в коллекции ГГМ РАН, они характеризуют практически только фумаролы Второго конуса. Возможно, в будущем коллекция сможет расшириться – пополнится образцами из других, не менее интересных фумарол Толбачинского массива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Толбачинский массив является неповторимым геологическим объектом как в плане общегеологического и вулканологического изучения, так и в плане широчайшего ряда минералогических объектов, сформированных здесь. Многочисленные фумаролы Толбачинского массива уникальны по своему минеральному составу. Разнообразие эксгальационной минерализации обусловлено своеобразным сочетанием физико-химических условий и механизмов формирования: высокие температуры, атмосферное давление, очень высокая фугитивность кислорода, газовый транспорт многих компонентов, специфическая геохимия газов (Пеков, 2021). В фумарольных системах этого массива установлено более 360 минералов, и три четверти относится к редким, с преобладанием эндемиков фумарольной формации.

ЛИТЕРАТУРА

- Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка. 1975-1976 / Федотов С.А. (ред.). Москва: Наука, 1984. 644 с.
- Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Флеров Г.Б., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д., Литасова С.Н. Голоценовый вулканизм Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов // Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка 1975-1976 / Федотов С.А. (ред.). М.: Наука, 1984. С. 177-223.
- Вергасова Л.П., Филатов С.К., Дунин-Барковская В.В. Постэруптивная деятельность Первого конуса БТТИ и современное вулканогенное формирование бокситов // Вулканология и сейсмология. 2007. № 2. С. 55-77.
- Вергасова Л.П., Филатов С.К. Опыт изучения вулканогенно-эксгальационной минерализации // Вулканология и сейсмология. 2016. № 2. С. 3-17.
- Гордеев Е.И., Муравьев Я.Д., Самойленко С.Б., Вольнец А.О., Мельников Д.В., Двигало В.Н. Трещинное Толбачинское извержение в 2012-2013 гг. Первые результаты // ДАН. 2013. Т. 452. № 5. С. 562-566.
- Двигало В.Н., Чирков А.М., Федотов С.А. Новая вершинная кальдера Плоского Толбачика // Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка 1975-1976 / Федотов С.А. (ред.). М.: Наука, 1984. С. 75-84.
- Ермаков В.А. Формационное расчленение четвертичных вулканических пород. М.: Недра, 1977. 223 с.
- Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н. и др. Фумарольные минералообразующие системы вулкана Толбачик на Камчатке – уникальная природная лаборатория // Динамика и взаимодействие геосфер Земли: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле. В 3-х томах. Томск: изд-во Томского ЦНТИ, 2021. С. 322-324.
- Сандалов Ф.Д. Оксидная минерализация в фумаролах окислительного типа (вулкан Толбачик, Камчатка). Дисс. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2023. 290 с.
- Толбачинское трещинное извержение 2012-2013 гг. (ТТИ-50) (под ред. Е.И. Гордеева). Новосибирск: СО РАН, 2017. 421 с.
- Флёр Г.Б., Мелекесцев И.В. Извержение 2012-2013 гг. как результат продолжающейся активности Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов (Ключевская группа вулканов, Камчатка) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Региональная научная конференция, посвященная дню вулканолога, Петропавловск-Камчатский, 29-30 марта 2013 г. Материалы конференции / Гордеев Е.И. (ред.). Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 139-144.
- Флёр Г.Б., Ананьев В.В., Пономарев Г.П. Петрогенезис пород вулканов Острого и Плоского Толбачиков и соотношение вулканических проявлений базальтовой и трахибазальтовой магм на территории Толбачинского Дола (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2015. № 3. С. 15-35.
- Чурикова Т.Г., Гордейчик Б.Н., Флёр Г.Б., Иватори Х., Накамура Х., Нишизава Т. Петрологическая, геохимическая и изотопная эволюция Толбачинского вулканического массива // Толбачинское трещинное извержение 2012-2013 гг. (ТТИ-50) / Гордеев Е.И., Добрецов Н.Л. (ред.). Новосибирск: Издательство СО РАН, 2017. С. 131-172.
- Nickel E.H., Strunz H. Strunz mineralogical tables: Chemical-structural mineral classification system. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verl.-Buchh., 2001. 870 p.
- Pekov I.V., Zubkova N.V., Yapaskurt V.O. et al. New arsenate minerals from the Arsenatnaya fumarole, Tolbachik volcano, Kamchatka, Russia. I. Yurmarinite, $\text{Na}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Cu})_4(\text{AsO}_4)_6$. Mineralogical Magazine. 2014. Vol. 78. N 4. P. 905-917.
- URL: <https://www.earthobservatory.nasa.gov/images/2967/terrain-map-kamchatka-peninsula>. (дата обращения: 9.12.2025).
- URL: www.kscnet.ru/ivs/volcanoes/tolb.html. (дата обращения 9.12.2025).