



УДК 551.231

Л. П. Вергасова<sup>1</sup>, Г. А. Карпов<sup>1</sup>, С. К. Филатов<sup>2</sup>,  
С. В. Кривовичев<sup>2</sup>, Л. П. Аникин<sup>1</sup>, Т. М. Философова<sup>1</sup>,  
С. В. Москалёва<sup>1</sup>, А. П. Шаблинский<sup>2</sup>, Л. А. Горелова<sup>2</sup>,  
Е. С. Житова<sup>2</sup>, А. Б. Белоусов<sup>1</sup>, М. Г. Белоусова<sup>1</sup>,  
Д. П. Савельев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский  
e-mail: vlr@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский Государственный университет,  
г. Санкт-Петербург*

## Об эксгальационной минерализации лавовых потоков Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС ДВО РАН

Приведены предварительные результаты по систематизации эксгальационной минерализации, образующейся при дегазации в ходе остывания базальтового расплава, перемещённого с глубин на поверхность на примере Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС ДВО РАН (декабрь 2012 г. — август 2013 г.).

Комплексом минералогических и кристаллохимических методов получены предварительные данные к систематизации эксгальационной минерализации лавовых потоков в период их становления, совпавший по времени с эксплозивно-эффузивной деятельностью Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия Института вулканологии и сейсмологии [5] (ТТИ, декабрь 2012 г. — август 2013 г.).

Интенсивное выделение газов, а также шероховатая со следами течения сложная микроструктура поверхности лавовых потоков (лавы гавайского типа пахое-хое) способствовали формированию значительных площадей (более 1 м<sup>2</sup>) тончайших минерализованных налётов (рис. 1). Инкрустации фумарольных газов на поверхности обломочных или шлаково-мелкоглыбовых лав (тип аа) были приурочены к концентрированным, хорошо коптированным выходам (например, из под глыб лав), имеющих форму полостей (рис. 2) и гнёзд изометричной, щелевидной и др. форм. Существенные скопления новообразованных минеральных фаз (мощностью до более 1 см) наблюдались на поверхностях стенок «окон» — обрушений лавоводов, в которых было видно текущую лаву.

При изучении минералов фумарол были использованы метод электронной микроскопии (SEM фирмы TESCAN «Vega3» с энергетическим спектрометром X-MAX (Oxford)), рентгенография моно — и поликристаллов (настольный порошковый дифрактометр Bruker «D2 Phaser» и дифрактометр Bruker APEX II), рентгеноспектральный анализ (микроанализатор Camebax 244 с энергетическим спектромет-

ром Oxford MAX) в сочетании с микроскопическим изучением вещества.

Визуально наблюдались инкрустации белого цвета (преимущественно), канареечно-жёлтого, жёлтого, беловато-жёлтого, красного, красно-бурого, изумрудно-зелёного, бирюзового и, изредка, белого — с разводами интенсивного синего, что делало эти отложения заметными на тёмной поверхности изверженного материала [4]. В связи с быстрым охлаждением газов образуются, в основном, скрытокристаллические, дисперсные, тонкозернистые и в намного подчинённом количестве кристаллические минеральные фазы, со скелетными и с плохо выраженными простыми кристаллографическими формами. Под электронным микроскопом среди дисперсных и тонкозернистых новообразований обнаруживается частая встречаемость кристаллической формы индивидов (рис. 3)

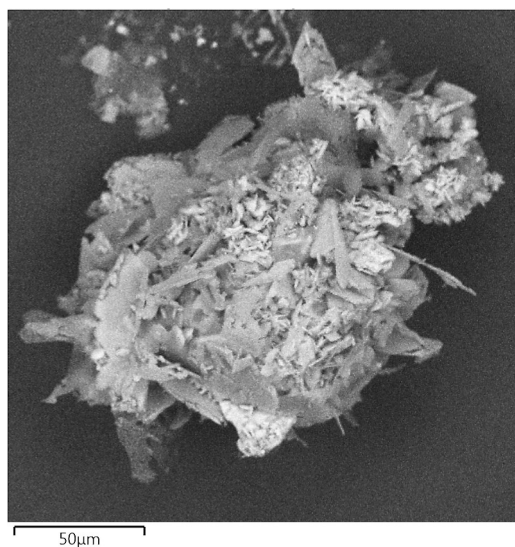
В пределах «окон» намечается определённая вертикальная зональность минеральных отложений в цвете. Как показали исследования — это свидетельствует о различном составе вещества, слагающих зоны, в зависимости от расстояния от источника тепла, в данном случае, текущей лавы, то есть температуры образования. В таких местах зоны изумрудно-зелёного цвета представлены кристаллическими налётами безводных соединений сульфатов меди и оксосульфатов меди с натрием и калием [2], характерных минералов фумарол кратерной зоны раннего постэруптивного периода деятельности Второго конуса Северного прорыва Большого Трещинного Толбачинского извержения (БТТИ, Камчатка 1975–1976 гг. [1])



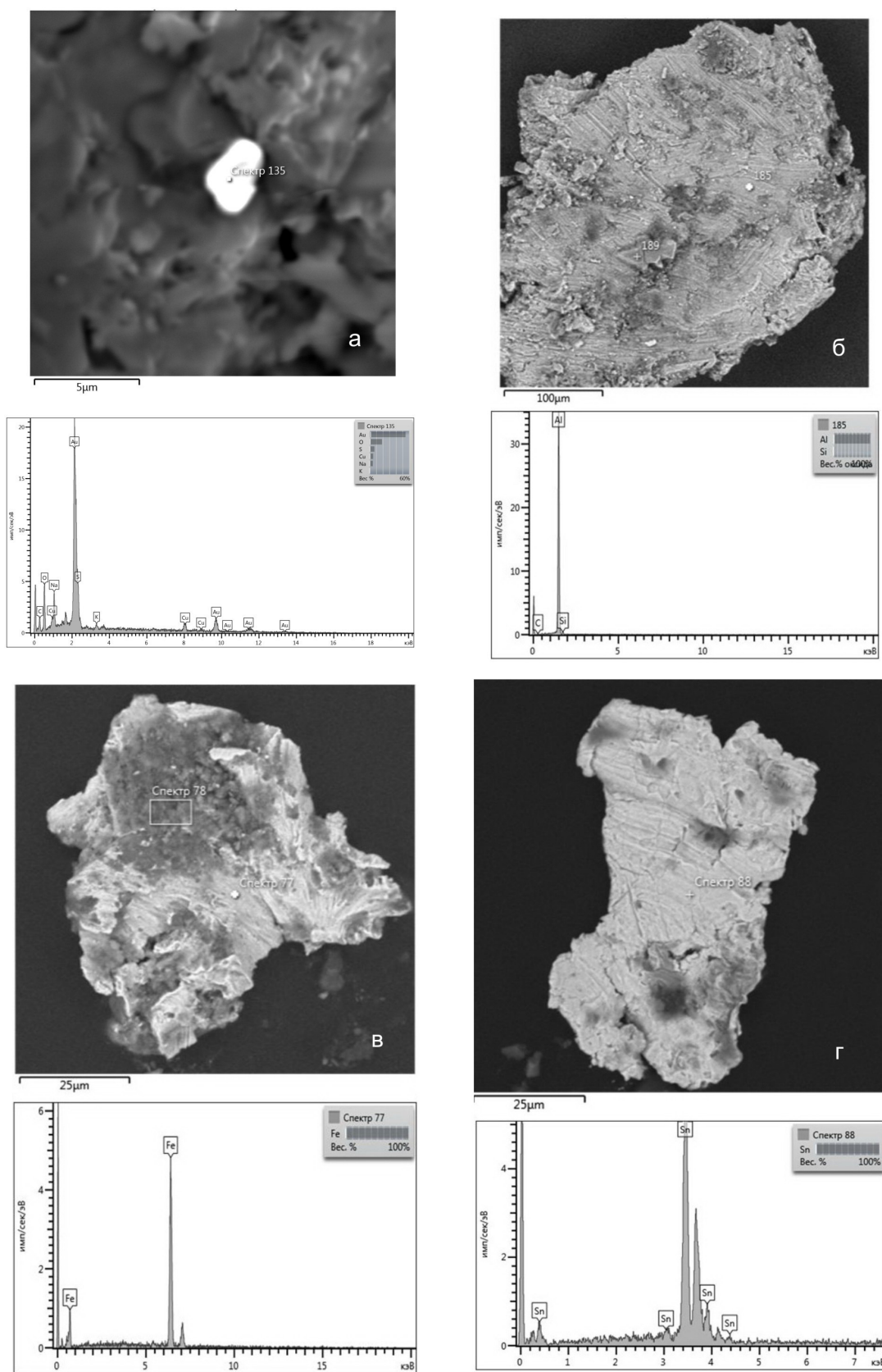
**Рис. 1.** Минерализованные налёты на поверхности лавовых потоков пахое-хое. Фото Г. А. Карпова;



**Рис. 2.** Концентрированный газовый выход на поверхности шлако-глыбовых лав (тип лавовых потоков аа). Фото А. В. Сокоренко



**Рис. 3.** Электронно-микроскопическое изображение тонкозернистых инкрустаций белого цвета. Фото Т. М. Филосовой;



**Рис. 4.** а, б, в, г — электронно-микроскопическое изображение минералов группы самородных элементов: а — самородное золото, б — самородный алюминий, в — самородное железо, г — самородное олово. Фото С. В. Москалёвой и Т. М. Философовой.

**Таблица 1.** Минералы эксгаляций лавовых потоков Трещинного Толбачинского извержения им 50-летия ИВиС ДВО РАН (декабрь 2012 — август 2013 г.)

<i>Самородные</i>	
Самородный Al	Хлориды Fe
Самородный Au	<i>Сульфаты и окосульфаты</i>
Самородный Sn	Тенардит $\text{Na}_2\text{SO}_4$
Самородный Fe	Халькокианит $\text{CuSO}_4$
Самородный Cu	Ангидрит $\text{CaSO}_4$
Алмаз C	Барит $\text{BaSO}_4$
<i>Интерметаллиды</i>	Меркаллит $\text{KHSO}_4$ ?
Силицид Fe	Афтиталит $(\text{K}, \text{Na})_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$
<i>Карбиды</i>	Стеклит $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$
Муассанит SiC	Элдфеллит $\text{Na Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2$
<i>Оксиды и гидроокислы</i>	Лангбейнит $\text{K}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$
Тенорит CuO	Вантгоффит $\text{Na}_6\text{Mg}(\text{SO}_4)_4$
SiO <sub>2</sub>	Федотовит $\text{K}_2\text{Cu}_3\text{O}(\text{SO}_4)_3$
Гематит Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Эвхлорин $\text{KNaCu}_3\text{O}(\text{SO}_4)_3$
<i>Фториды</i>	Хлоротионит $\text{K}_2\text{Cu}(\text{SO}_4)\text{Cl}_2$
Ральстонит $\text{Na}_x\text{Mg}_x\text{Al}_{2-x}(\text{F}, \text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Вульфит $\text{K}_3\text{NaCu}_4\text{O}_2(\text{SO}_4)_4$
<i>Карбонаты</i>	Паравульфит $\text{K}_5\text{Na}_3\text{Cu}_8\text{O}_4(\text{SO}_4)_8$
Кальцит $\text{CaCO}_3$ ?	Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
<i>Хлориды и оксохлориды</i>	Халькантит $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Галит NaCl	$\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Сильвин KCl	Крэнкит $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Пономаревит $\text{K}_4\text{Cu}_4\text{OCl}_{10}$	Каинит $\text{KMg}(\text{SO}_4)\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Эриохальцит $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ?	Цианохроит $\text{K}_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Толбачит $\text{CuCl}_2$ ?	<i>Органические соединения</i>
	C, O, N

В продуктах дегазации лавовых потоков в описываемый период активной деятельности извержения обнаружено 40 минералов (табл.). Наиболее полно представлена группа сульфатов. Из катионов по частоте встречаемости преобладают натрий и калий. Наблюдается обогащение сульфатов такими микрокомпонентами как Pb, Zn, Tl. Среди сульфатов установлены также наиболее высокотемпературные новообразования. Это минералы группы афтиталитов — безводные сульфаты щелочей.

Большинство минералов, формирующихся в условиях выхода на поверхность вулканических эксгаляций, являются неустойчивыми соединениями. Одним из факторов изменения — смена окраски, что может быть связано как с вариациями вещественного состава, так и со степенью окисленности и гидратации. Тому наглядный пример пономаревит, первичный красный цвет налётов которого в лабораторных условиях в течение месяца сменился на желтовато-зелёный, предположительно в процессе гидратации. Значительная часть отложений белого с бирюзовым и бирюзового цвета представлены водными соединениями, которые являются преобразованными фазами первичного парагенезиса.

Особенностью эксгаляционной минерализации лавовых потоков ТТИ является встречаемость в период декабрь 2012 — август 2013 г. единичных зёрен широкого спектра минералов группы самородных

элементов (рис. 4 а, б, в, г), что может быть обусловлено влиянием на раннем этапе вулканогенно-эксгаляционного минералообразования восстановленных газов эруптивного процесса.

Ассоциация элементов [3], установленная в составе талой воды снежного покрова, овеваемого струями газовых потоков, является основанием к дополнительному поиску, с целью расширения списка минералов раннего парагенезиса эксгаляционной минерализации, образующейся в ходе дегазации базальтового расплава ТТИ при остывании.

#### Список литературы

1. Большое трещинное Толбачинское извержение / Под ред. С. А. Федотова. М.: Наука, 1984. С. 638.
2. Вергасова Л. П., Филатов С. К. Новые минералы в продуктах фумарольной деятельности Большого трещинного Толбачинского извержения // Вулканология и сейсмология. 2012. № 5. С. 3–12.
3. Округин В. М. Вулканическая фантазия — месяц третий // Горный вестник Камчатки. январь-февраль 2013 г. Вып. № 1(23). С. 79–92.
4. Савельев Д. П. О продолжении трещинного Толбачинского извержения // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. Вып. 21. № 1. С. 7–8.
5. Самойленко С. Б., Мельников Д. В., Магуськин М. А., Овсянников А. А. Начало нового Трещинного Толбачинского извержения в 2012 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012. Вып. 20. № 2. С. 20–22.