

УДК 550.34

ТРЕЩИННОЕ ТОЛБАЧИНСКОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ В 2012–2013 гг. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

© 2013 г. Академик Е. И. Гордеев, Я. Д. Муравьев, С. Б. Самойленко,
А. О. Вольнец, Д. В. Мельников, В. Н. Двигало

Поступило 24.04.2013 г.

DOI: 10.7868/S0869565213300208

27 ноября 2012 г. в 17:15 местного времени (5:15 UTC) южнее вулкана Плоский Толбачик из образовавшегося разлома субмеридионального простирания началось излияние лавы. Длина разломной зоны составила около 6 км в диапазоне высот от 2200 до 1500 м. 28 ноября отмечен пеплопад в север-северо-восточном направлении на удалении до 100 км, а также фонтанирование лавы из двух эруптивных центров. Сильный грохот и гул отмечались в населенных пунктах на расстоянии в 40–50 км, 29–30 ноября – умеренная эксплозивная деятельность, излияние лавы на верхнем эруптивном центре, интенсивное фонтанирование лавы и активное продвижение лавовых потоков в нижней части разлома. Первого декабря деятельность верхнего прорыва прекратилась. Длина лавового потока верхнего прорыва составила 9 км, площадь 5.6 км². С начала декабря извержение сосредоточилось в нижней части прорыва с излиянием жидкой лавы гавайского типа из трещины длиной около 1 км на высотах 1500–1600 м.

Лавовые потоки относятся к гавайскому типу “пахоэ-хоэ” мощностью 1–2 м у истока и 3–5 м во фронтальной части. Лавы образуют различные формы типа канатных лав и лавовых подушек. Создают систему лавоводов. Максимальная измеренная температура расплава составляет около 1100°C. Плотность лавы рассчитывали по химическому составу и измеряли непосредственно. Для лав прорыва, излившихся в первый день извержений, расчетная плотность составляет от 2.65 до 2.58 г/см³ при температуре 1100°C и весом содержании воды от 0 до 1%. При этих же условиях расчетная плотность лав нижней части прорыва находится в диапазоне от 2.7 до 2.63 г/см³. Непосредственные измерения дали

плотность 2–2.2 г/см³. Меньшие значения плотности по измерениям вызваны присутствием законсервированной газовой компоненты. Эффективная вязкость составляла в начале извержения 10⁴ Па · с и в январе 2013 г. (1.5–3) · 10² Па · с.

Извержение произошло в Толбачинской региональной зоне шлаковых конусов, площадь которой составляет около 900 км² и протяженность 70 км. В южной части зона имеет север-северо-восточное направление, далее пересекает вулкан Плоский Толбачик, изменяя простирание на северо-восточное. Южная ее часть именуется Толбачинским долом. Вдоль осевой части Толбачинского дола в узкой (3–4 км) полосе сосредоточено до 80% всех эруптивных центров в виде многочисленных трещин и цепочек шлаковых конусов, которые сформировались в течение последних 10 тыс. лет. Извержения за исторический период в этой зоне происходили в 1740 г., в 1941 г. и в 1975–1976 гг. Последнее извержение в 1975–1976 гг. (Большое трещинное Толбачинское извержение – БТТИ) было крупнейшим известным базальтовым извержением в Курило-Камчатском вулканическом поясе. Оно было детально изучено и результаты опубликованы во многих статьях [1, 2, 4] и обобщающей монографии [5]. БТТИ началось 6 июля 1975 г. и завершилось 10 декабря 1976 г. и состояло из двух этапов: извержения Северного прорыва (6 июля–15 сентября 1975 г.) и извержения Южного прорыва (16 сентября 1975 г. – 10 декабря 1976 г.). Общий объем продуктов извержения составил 2.17 км³, площадь лавовых полей 44.73 км². Центры современного извержения расположены севернее и ближе к вулкану Плоский Толбачик по сравнению с БТТИ (рис. 1).

По сейсмическим данным образование трещин началось 27 ноября 2012 г., в 17:15 местного времени, фонтанирование лавы и излияние лавовых потоков в 20:00. За 15 часов до начала извержения был зарегистрирован рой слабых землетрясений (максимальная магнитуда 2.25) на глу-

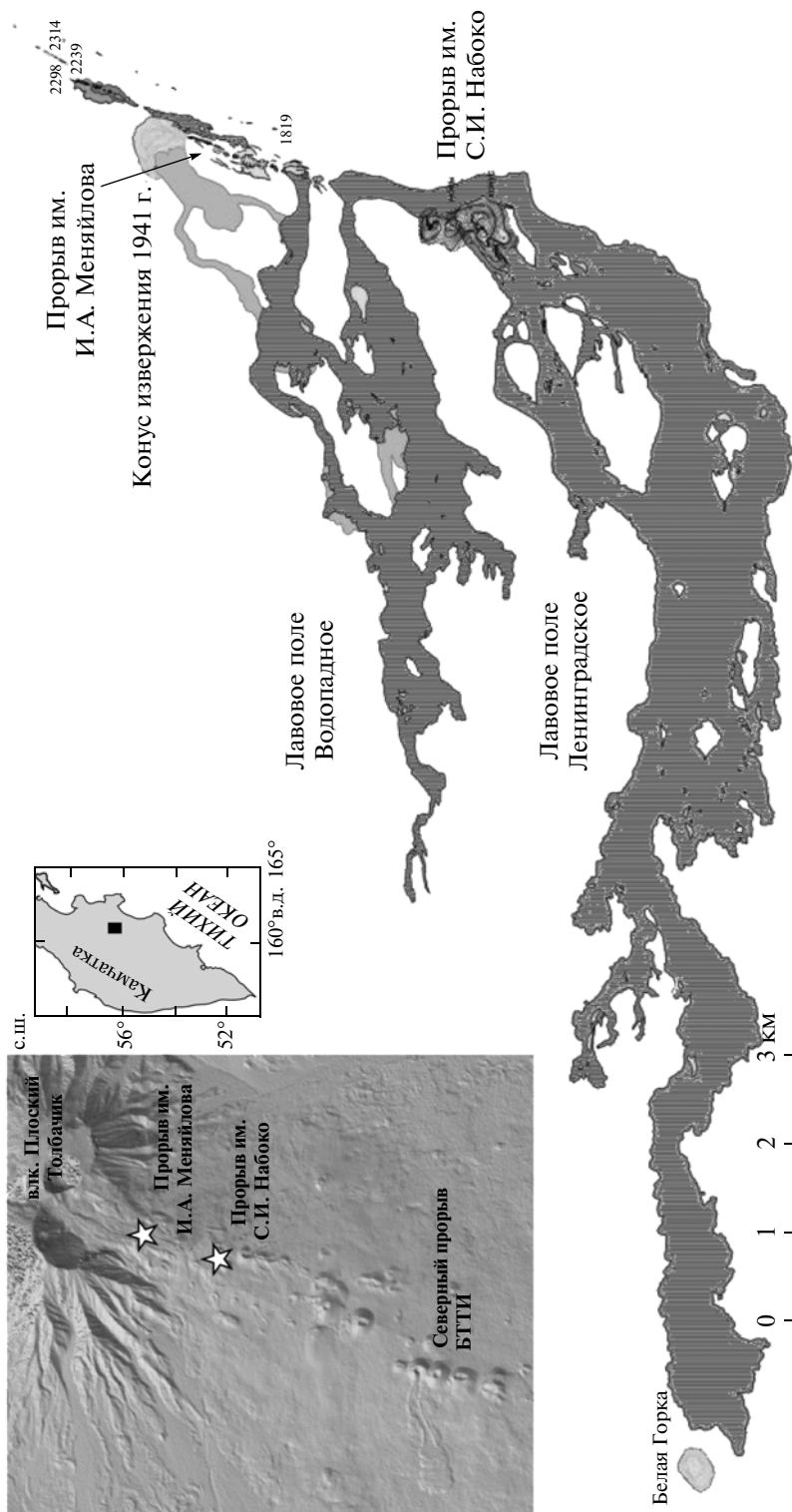


Рис. 1. Схема расположения центров современного извержения и карта лавовых полей на 13 декабря 2013 г.

Таблица 1. Параметры лавовых потоков по данным аэрофотосъемки 13 декабря 2012 г.

Параметр	Водопадный	Ленинградский
Площадь, км ²	5.654	17.035
Объем, км ³	0.027	0.208
Средняя мощность, м	4.8	12.2

бинах не более 5 км. В отличие от современного извержения на БТТИ интенсивный рой землетрясений отмечался за 10 сут до его начала, что позволило предсказать время и место извержения [3].

Основными продуктами современного извержения являются лавы. Вначале чрезвычайно интенсивно изливались умеренно вязкие лавовые потоки. В течение первых 43 ч сформировалось два обширных лавовых поля, получивших названия поток “Водопадный” и поток “Ленинградский” (см. рис. 1). Сведения об этих потоках приведены в табл. 1.

В ходе извержения в районе обоих прорывов сформировались небольшие шлаковые конусы, суммарный объем которых на 13 декабря 2012 г. составил 0.008 м³.

Характерной особенностью современного извержения является его эффузивный характер, объемный коэффициент эксплозивности (соотношение объемов пепла и лав) составляет около 3%. Пепловые выбросы наблюдались в начале извержения, когда работал верхний прорыв. Они сопровождали раскрытие трещины и внедрение лавы в массив мертвых льдов и в многолетнемерзлые породы, покрывающие южный склон вулкана Плоский Толбачик. Кроме того, непродолжительные пепловые выбросы наблюдались спустя месяц после начала извержения при образовании новых эруптивных центров в пределах нижнего прорыва. Распространение пепла отмечалось на расстояниях до 100 км в север-северо-западном и восточном направлениях от центра извержения. Удельный вес пепловых отложений достигал 500 г/м².

Извержение началось с поступления на поверхность высококальциевых глиноземистых трахи-андезитов. Породы начала извержения несколько отличаются от ранее извергнутых пород Толбачинской региональной зоны, в первую очередь, высоким содержанием кремнезема (рис. 2). Кроме того, состав вновь извергнутых пород отличается и от состава пород самого стратовулкана, который в целом имеет более высокое содержание глинозема. Затем, в начале декабря, состав продуктов сменился на более основной. Содер-

жание SiO₂ упало практически на 2%, MgO, FeO и TiO₂ несколько выросло, Na₂O понизилось, а K₂O осталось практически постоянным, хотя максимальные его концентрации и вариации составов отмечены именно в породах начала извержения. Породы такого состава извергаются в течение всего последующего периода, вплоть до конца января. Во вкрапленниках к середине декабря появился более крупный плагиоклаз, отдельные таблитчатые кристаллы которого достигают в размерах сантиметра при толщине в 1–2 мм; также появились более крупные по сравнению с началом извержения кристаллы оливина (около 1 мм в поперечнике); общее количество вкрапленников увеличилось.

Для крупных трещинных извержений существует модель, описывающая разгрузку магматического очага [7, 5]:

$$\Omega(t) = \Delta B(1 - e^{-W_0 t / \Delta B}). \quad (1)$$

Здесь Ω – объем магмы, извергнутой ко времени t , ΔB – объем магмы, создавшей избыточное давление в очаге перед извержением, W_0 – начальный расход магмы. Эта модель предполагает экспоненциальную зависимость расхода изверженного материала от времени и позволяет оценить максимальный расход, суммарный объем и длительность извержения по данным о скорости поступления извергаемого вещества на поверхность.

На рис. 3 приводится аппроксимация теоретической зависимости (1) по данным об объемах лавовых полей на 29 ноября 2012 г. и 13 декабря 2012 г., полученным с помощью аэрофотосъемки и результатам обработки спутниковых снимков за 06 марта 2013 г. (данные со спутника EO-1 NASA). Эта аппроксимация дает следующие оценки: максимальный объем извержения $B = 0.38$ км³, максимальный расход в начале извержения $W_0 = 250$ м³/с, длительность извержения 140 дней. Реально наблюдавшийся расход магмы в начале извержения (по данным аэрофотосъемки 29 ноября 2012 г.) превышает 400 м³/с. Такое существенное различие расчетного и фактического расхода связано с тем, что в начале извержения лава изливалась практически вдоль всей образовавшейся трещины длиной 4–5 км, тогда как формула (1) была получена для канала постоянного сечения. Во время трещинных извержений, как правило, фонтанирование лавы вдоль всей трещины в течение первых нескольких часов локализуется и сменяется извержением из нескольких эруптивных центров [5].

Согласно предварительным результатам анализа спутниковых данных прибора AIRS с использованием известного алгоритма [8] эмиссия диоксида серы (SO₂) в первые дни извержения

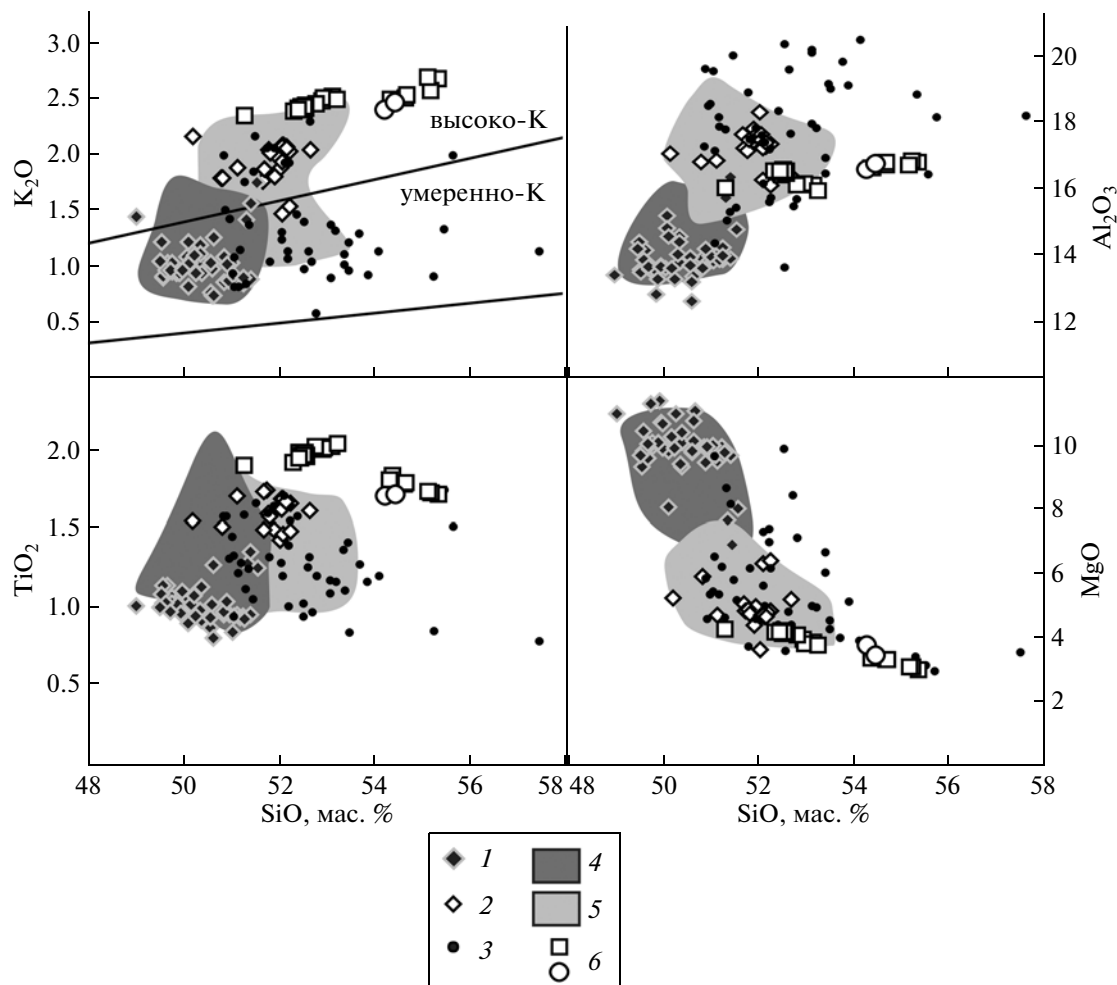


Рис. 2. Вариации содержаний K_2O , TiO_2 , Al_2O_3 и MgO (мас. %) относительно содержания SiO_2 (мас. %) в породах Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС ДВО РАН, стратовулканов Плоский и Острый Толбачик, БТТИ и региональной зоны. Дискриминационные линии на диаграмме K_2O-SiO_2 по [6]. 1 – северный прорыв БТТИ, 2 – южный прорыв БТТИ, 3 – вулканы Плоский и Острый Толбачик, 4 – магнезиальные базальты арельной зоны, 5 – глиноземистые базальты арельной зоны, 6 – Трещинное Толбачинское извержение им. 50-летия ИВиС ДВО РАН: квадраты – лавы и шлаки, круги – пеплы.

(27–28 ноября) составила $5 \cdot 10^4$ т. Облако, содержащее газ, под действием метеорологических факторов смещалось в северо-западном направлении (рис. 4). На 28 ноября оно располагалось над южным побережьем Восточно-Сибирского моря и имело площадь до 190 тыс. км². На протяжении следующих нескольких дней оно мигрировало в западном направлении, достигнув Кольского полуострова.

По спутниковым снимкам за 06 марта 2013 г. (данные со спутника EO-1 NASA) площадь лавовых потоков составила 28.7 км² и объем извергнутого материала около 0.37 км³. Извержение продолжается.

По решению ученого совета Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН извержение получило название “Трещинное Толбачинское

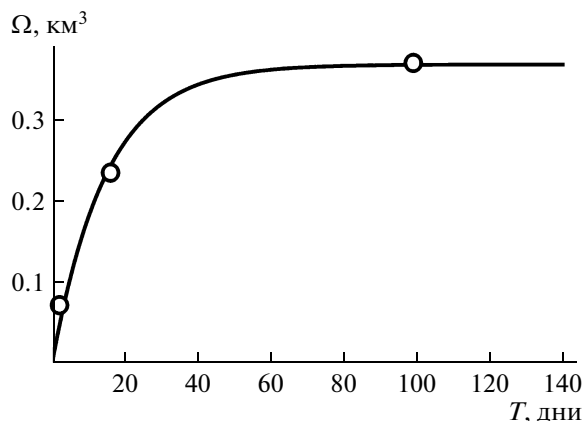


Рис. 3. Рост объема изверженных пород со временем. Точки – данные аэрофотосъемки и обработки спутниковых снимков района извержения. Кривая – аппроксимация по формуле (1).

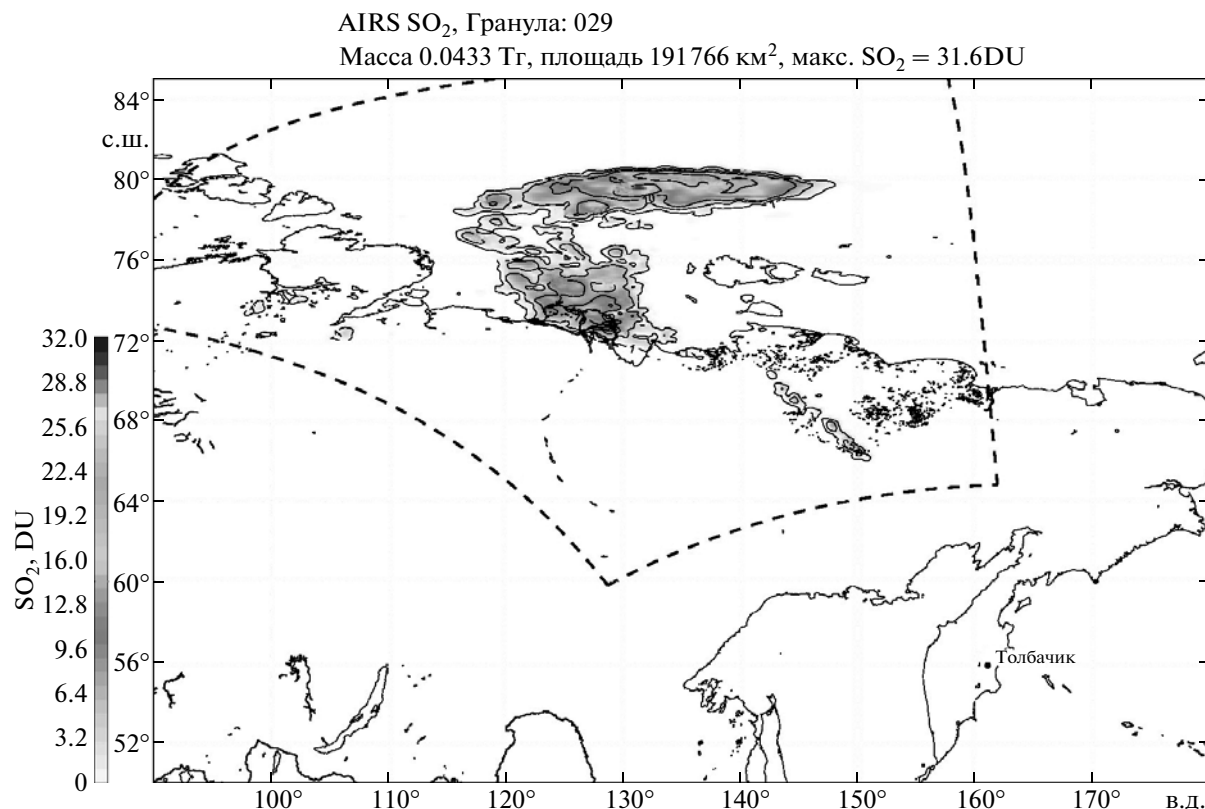


Рис. 4. Положение облака, содержащего диоксид серы, связанного с извержением Толбачика (по спутниковым данным AIRS за 29.11.2013 г., 02:53 UTC). Концентрация приведена в единицах Добсона (DU) (единица Добсона равна 0.01 мм толщины сжатого слоя озона при 0°С или $2.69 \cdot 10^{20}$ молекул озона на 1 м²). Штриховая линия – границы спутникового снимка.

извержение имени 50-летия ИВиС (ТТИ-50)”, а верхний и нижний прорывы – “Прорыв им. И.А. Меняйлова” и “Прорыв им. С.И. Набоко” соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольнец О.Н., Флеров Г.Б., Хренов А.П., Ермаков В.А. // ДАН. 1976. Т. 228. № 6. С. 1419–1422.
2. Федотов С.А., Хренов А.П., Чирков А.М. // ДАН. 1976. Т. 228. № 5. С. 1193–1196.
3. Токарев П.И. // ДАН. 1976. Т. 229. № 2. С. 439–442.
4. Федотов С.А., Горельчик В.И., Степанов В.В. // ДАН. 1976. Т. 228. № 6. С. 1407–1410.
5. Большое трещинное Толбачинское извержение, Камчатка 1975–1976 / Под ред. С.А. Федотова. М.: Наука, 1984. 638 с.
6. A Classification of the Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences on the Systematics of Igneous rocks / Le Maitre R.W. Ed. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1989. 193 p.
7. Machado F. In: Physical Volcanology. L.: Elsevier, 1974. 333 p.
8. Prata A.J., Bernardo C. // J. Geophys. Res. 2007. V. 112. D20204.