

Геолого-геоморфологические последствия трещинного Толбачинского извержения 2012-2013 годов

На протяжении конца 2012-го и первых восьми месяцев 2013-го годов рельеф и геологическое строение южного и юго-западного подножий вулканов Острого и Плоского Толбачиков претерпели существенные изменения. Они были связаны с резко возросшей эндогенной активностью Плоского Толбачика. 27 ноября 2012 г. юго-западнее названного вулкана из раскрывшегося разлома север-северо-восточного простирания длиной около 6 км в диапазоне абсолютных высот от 2200 до 1500 м стала изливаться базальтовая лава. 28 ноября лава стала фонтанировать из двух эруптивных центров (рис. 1).



*Рис. 1 Трещинное Толбачинское извержение в начальной фазе.
Фото Д.В. Мельникова*

Первым начал действовать прорыв Игоря Меняйлова (прорыв М) ($55^{\circ}47'9''$ с.ш., $160^{\circ}19'39''$ в.д., высота 1900 м). 29–30 ноября имела место умеренная эксплозивная деятельность, излияние лавы на верхнем эруптивном центре, интенсивное фонтанирование лавы и активное продвижение лавовых потоков в нижней части разлома. 1 декабря деятельность прорыва Игоря Меняйлова прекратилась

Несколько позже ниже по склону образовалась трещина прорыва Софьи Набоко (прорыв Н) ($55^{\circ}46'6''$ с.ш., $160^{\circ}18'59''$ в.д., высота 1650 м). Новое извержение трещинного типа получило название Трещинного Толбачинского извержения имени 50-летия ИВиС (ТТИ-50) [1,2]. Последовательность распространения и наложения лавовых потоков в течение первых двух месяцев извержения отражена на рис. 2.

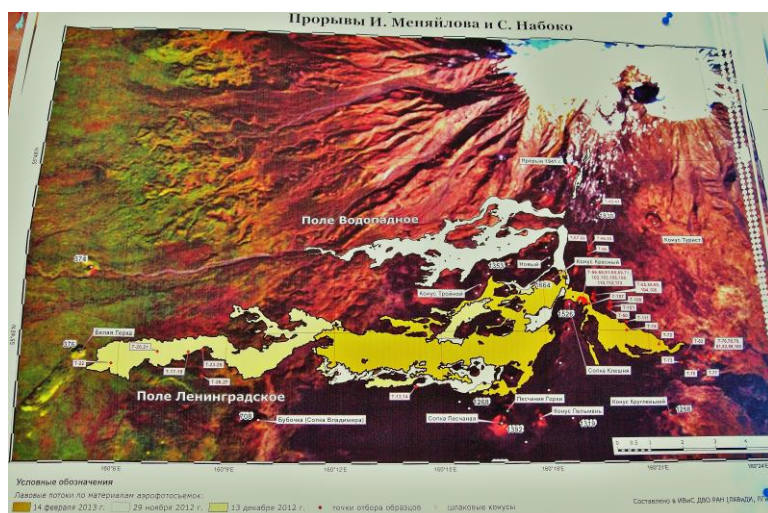


Рис.2 Лавовые потоки из прорывов И. Меняйлова (27-30.11.2012) и С. Набоко (вплоть до 14.02.2013)

Составлено в ИВиС ДВО РАН.

Извержение произошло в Толбачинской региональной зоне шлаковых конусов, площадь которой составляет около 900 км^2 , а протяженность - 70 км. В южной части зона имеет север-северо-восточное направление, далее пересекает вулкан Плоский Толбачик, изменяя простирание на северо-восточное. Южная составляющая зоны шлаковых конусов именуется Толбачинским долом. Толбачинский Дол – южная часть крупнейшей на Камчатке зоны голоценового моногенного вулканизма, пересекающей Ключевскую группу вулканов.

Вдоль оси 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 и обобщающей монографии [3]. БТТИ началось 6 июля 1975 г. и завершилось 10 декабря 1976 г.; оно включало два этапа: 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 км^3 , площадь лавовых полей 44.73 км^2 (рис. 3).

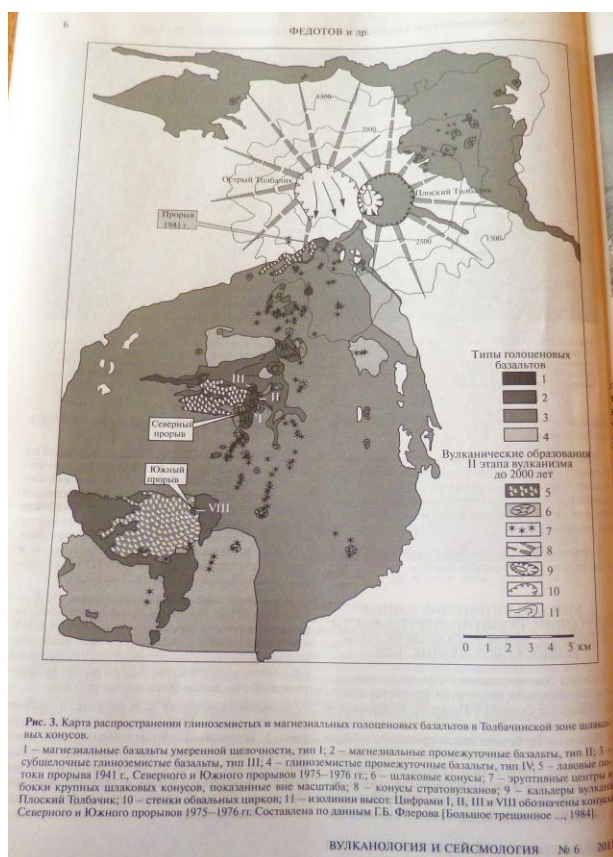


Рис. 3 Схематическая карта расположения эруптивных центров Большого Толбачинского извержения и распространения базальтовых потоков 1975-1976 годов в пределах Толбачинского дола.

По С.А. Федотову и др., 2011 [4]

Современные эруптивные центры расположены севернее и ближе к вулкану Плоский Толбачик - по сравнению с БТТИ (рис. 2).

Основными продуктами извержения ТТИ-50 являются лавы. Плотность базальтов вулканологи ИВиС ДВО РАН рассчитывали по химическому составу и измеряли непосредственно. Для лав прорыва, излившихся в первый день извержений, расчетная плотность укладывается в диапазон значений от 2.65 до 2.58 г/см³ при максимальной измеренной температуре расплава, составляющей 1100°С, и весовом содержании воды от 0 до 1%. При этих же условиях расчетная плотность лав нижней части прорыва - 2.7 - 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.

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 (доля пепла в составе вулканитов) 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. 28 ноября 2012 года пеплопад распространился в север-северо-восточном направлении на удаление до 100 км. Кроме того, непродолжительные

пепловые выбросы наблюдались спустя месяц после начала извержения - при образовании новых эруптивных центров в пределах нижнего прорыва. Удельный вес пепловых отложений достигал 500 г/м^2 [2].

Распространение новых лавовых потоков с самого начала извержения отчасти определялось неровностями «исходного» рельефа. Пластика подстилающей поверхности связана с предшествующими вулканическими извержениями и – в меньшей степени – с эрозионными и суффозионными явлениями в данной части Толбачинского дола (рис. 4).

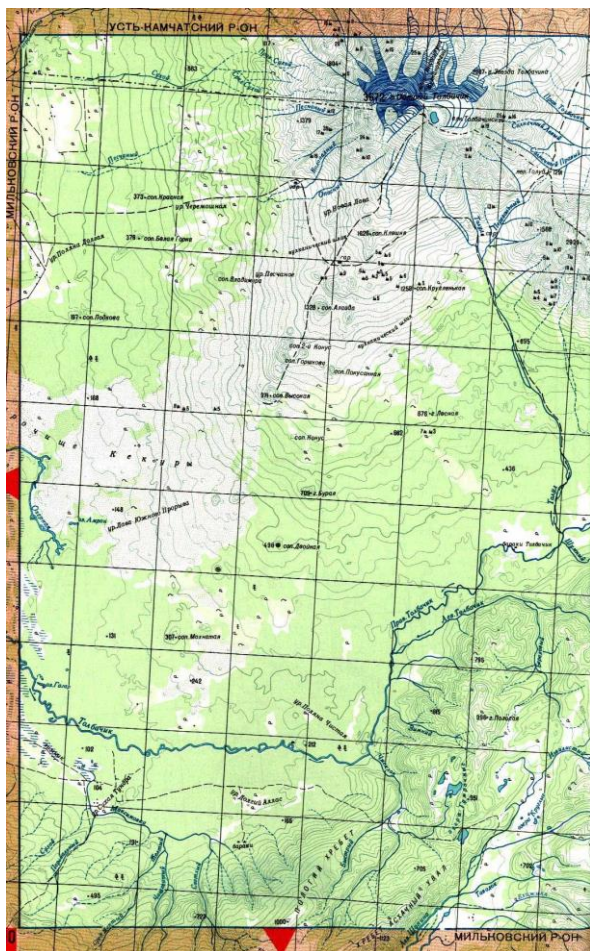


Рис. 4 Фрагмент топографической карты масштаба 1:200 000 на район исследований.

Распространение лавовых потоков в ходе извержения 2012-2013 годов охватило - за редким исключением - поля развития вулканитов III, IV и V возрастных групп II этапа вулканизма. Формирование этих полей произошло в течение последних 2000 лет (рис. 5). Лишь к северу и к востоку от конуса Клешня свежие лавы «легли» на образования I возрастной группы I этапа вулканизма, датируемые временем 7500-10000 лет назад.

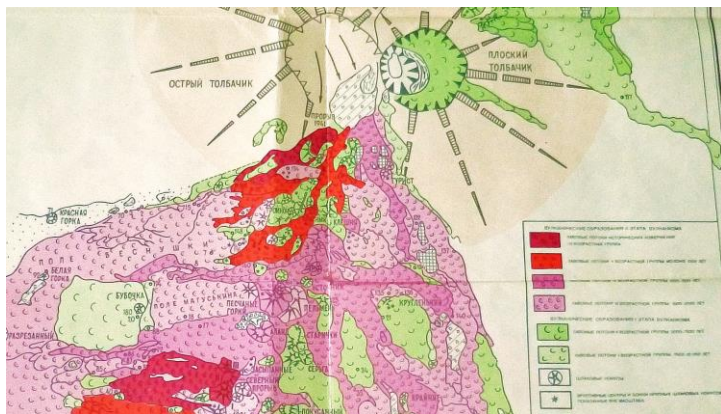


Рис. 5 Фрагмент «Карты вулканических образований Толбачинской региональной группы шлаковых конусов», составленной И.В. Мелекесцевым и О.А. Брайцевой [3]. Потоки ТТИ-50 рассредоточились к востоку от Белой горки, к северу от Песчаных гор, к северу и северо-западу от конуса Кругленького и к югу от лавовых потоков Прорыва 1941 года, преимущественно поверх образований II этапа вулканизма последних 2-х тысяч лет.

В начале ТТИ-50 чрезвычайно интенсивно формировались умеренно вязкие лавовые потоки высококальциевых глинозёмистых трахи-андезибазальтов. Лава извергалась практически вдоль всей образовавшейся трещины длиной 4-5 км. Фонтанирование лавы из трещины в течение первых часов локализовалось и сменилось извержением из двух эруптивных центров. **Излияния из прорыва Игоря Меняйлова** в течение первых 43 часов распространились в общем юг-юго-западном направлении двумя основными потоками субширотного простирания – «полями»: Водопадным и Ленинградским. Собственно сформировалось два обширных лавовых поля (рис. 2), перекрывших лавовые потоки V возрастной группы, излившиеся менее 1000 лет тому назад.

Более северное из них, получившее название поток «Водопадный», достигло в длину 9 км, заняв площадь 5.7 км^2 , приобретя объём 0.03 км^3 при средней мощности 4.8 м. В 2 км к ЮЮЗ от кратера И. Меняйлова из трещинного аппарата «ушёл» на запад первый узкий (шириною 300 м) лавовый поток («Северный Водопадный»). В 2.5 км к ЮЮЗ от кратера И. Меняйлова имела место основная бифуркация лавовых потоков, при которой разобшились потоки Водопадный (точнее – «Южный Водопадный») и Ленинградский. Преодолев по нормали покатость южного склона Острого Толбачика, составляющие потока Водопадного использовали эрозионные врезы верховий ручьёв Опасного и Водопадного (рис. 6).



*Рис. 6 Вид на поток Водопадный (вдали слева) через поток Ленинградский от подножия сопки Песчаных.
Фото Е. Лебедевой*

По ходу движения потока Водопадного лавой была уничтожена одноимённая вулканостанция, находившаяся на высоте 1060 м над у. о. В дальнейшем обе составляющие лавового потока Водопадного объединились и в конце концов были сосредоточены (канализованы) в эрозионном врезе среднего течения ручья Водопадного. Резко сузившийся фронт лавового потока Водопадного остановился на абсолютной высоте около 700 м.

Поток “Ленинградский” изначально – на 29 ноября 2012 г – достиг в длину более 10 км при ширине до 2.5 км. Пройдя в юго-западном направлении 7.5 км от кратера И. Меняйлова, к северу от сопки Песчаной поток Ленинградский уничтожил одноименную вулканостанцию и повернул на запад – в урочище Песчаное. Фронт его остановился, не дойдя до восточного подножия сопки Владимира (Бубочка), на абсолютной высоте 600 м. Поверхность этого потока может наблюдаться лишь весьма фрагментарно, ибо уже к 13 декабря большая часть потока Ленинградского, генерированного кратером И. Меняйлова, была перекрыта лавами, излившимися из прорыва С. Набоко.

С начала декабря 2012 года жидкая лава гавайского типа извергалась из трещины длиной около 1 км в нижней части прорыва, на высотах 1500–1600 м. Состав трахиандезибазальтов сменился на несколько более основной, и **из кратера С. Набоко** стали извергаться ещё более текучие базальты (рис. 7).



Рис. 7 Кратер С. Набоко, генерирующий базальтовые потоки с начала декабря 2012 года.

Фото Д. Мельникова

Этим лавам свойственно пониженное на 2% содержание SiO_2 и несколько возросшее содержание MgO , FeO и TiO_2 . К 13 декабря длина потока Ленинградского достигла 13 км, площадь – 17 км^2 , объём – 0.2 км^3 - при средней мощности 12,2 м [2].

Поток Ленинградский, выйдя за пределы контура ноябрьских лав, излившихся из кратера И. Меняйлова, продвинулся в западном направлении между «полями» Магуськина и Веснушки. Свежие лавы «ложились» на вулканические образования III и IV возрастных групп с возрастом от 1 до 2 тысяч лет. Фронт потока остановился, проникнув в таёжный пояс, не дойдя до Белой горки, на абсолютной высоте 320 м (рис. 8). Длина потока достигла при этом 16 км. Таким образом, средний уклон поверхности шестнадцатикилометрового потока Ленинградского составил 0.075.



Рис. 8. Фронт лавового потока Ленинградского, остановившегося в начале декабря 2012 года на высоте 320 м над у. о..

Фото С. Черноморца

Мощность потока Ленинградского в средней части – на северной кромке «поля» Магуськина составила не менее 6 м (рис. 9).



Рис. 9 Южная кромка потока Ленинградского к северо-западу от Песчаных гор, на северном контуре «поля» Магуськина.

Фото Е. Лебедевой

В промежуток времени между 14 декабря 2012 года и январём 2013 года произошла бифуркация лавового потока, изливавшегося из кратера Софьи Набоко. Встретив на своём пути конус Клешня, наращивавший свою мощность лавовый поток разделился на 2 ветви. На юго-запад продолжала движение одна из них, увеличивая ширину потока Ленинградского. В створе кратеров Клешня и Красный мощность лав достигла – по оценке Д.В. Мельникова (устное сообщение) – рекордной для данного извержения величины 50 м.

В то же время в юго-восточном направлении начал распространяться поток Юго-Восточный, погребая под собой поверхность лавового потока I возрастной группы I этапа вулканизма (см. рис. 5). Январско-февральская фаза начала продвижения Юго-Восточного потока базальтов запечатлена на космическом снимке – рис. 10.

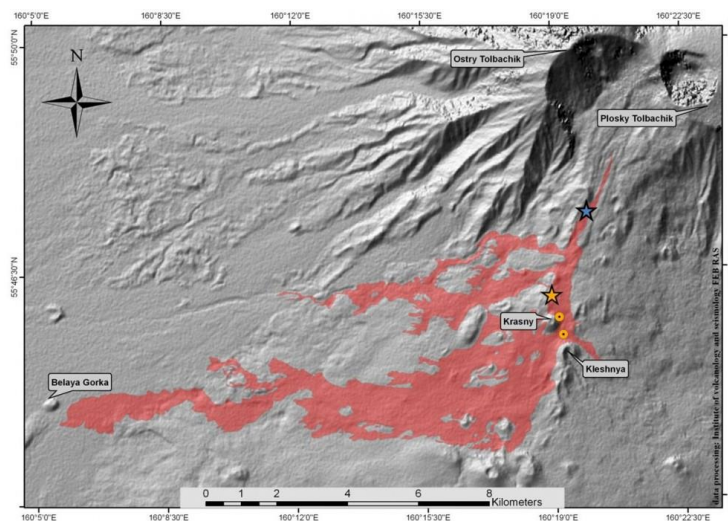


Рис. 10. Общая картина распространения лавовых потоков ТТИ-50 в феврале 2013 года.

Космоснимок обработан в ИВиС ДВО РАН.

Ширина Юго-Восточного потока в створе кратеров Кleshня и С. Набоко ко 2 марта составила 300м, а к концу извержения приблизилась к 500 м (рис. 11).



Рис. 11 Лавовый поток Юго-Восточный в своей проксимальной части – в створе кратера Кleshня (на заднем плане).

Фото Д. Мельникова

Лавовый поток Юго-Восточный продвинулся к 20-м числам августа до района сопки Кругленькой, достигнув в длину (от прорыва Н) 5 км. Его фронт остановился на абсолютной высоте около 1100 м. Средний уклон поверхности составил 0.06. На своём проксимальном отрезке поток буквально «наваливался» своим правым контуром на восточный склон сопки Кleshня (рис. 12).



Рис. 12 Лавовый поток Юго-Восточный погребает нижнюю часть восточного склона сопки Клешия.

Фото С. Черноморца.

Фронтальная часть потока Юго-Восточного, сохранявшая подвижность вплоть до конца извержения, расщепилась на отдельные лопасти, что предельно чётко видно на космическом снимке от 2 сентября 2013 года (рис. 13).

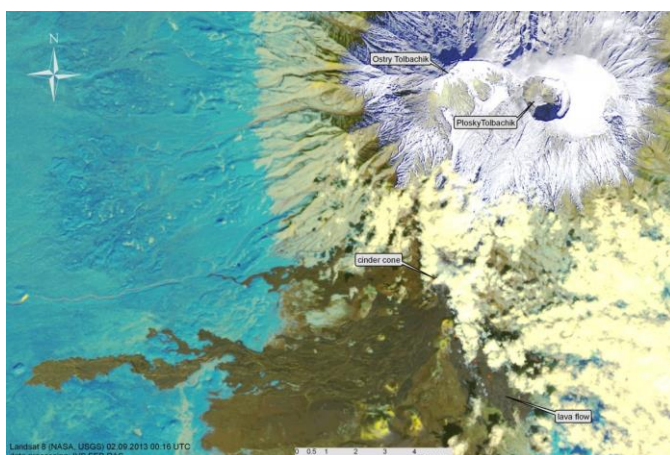


Рис. 13 Итоговая плановая композиция свежего вулканического рельефа на момент прекращения ТТИ-50.

Поверхностные слои лавовых потоков Трещинного Толбачинского извержения имени 50-летия ИвиС относятся к гавайскому типу “пахоэ-хоэ” мощностью 1–2 м у истока и 3–5 м во фронтальной части. Застывающие базальты образуют различные формы волнистых лав, характерных для горячих жидких в значительной степени дегазированных потоков, отличающихся очень малой вязкостью материала. Среди свежих волнистых лав типичны дермолитовые, отличающиеся ламинарным рисунком поверхности (рис. 14). Их изначально пластичная корка после остывания покрывается вязкой стекловатой плёнкой, становится чрезвычайно хрупкой и легко крошится.



Рис. 14 Взломанная продолжающимся под застывшей «кровлей» движением расплава дермолитовая лава в правой прибортовой части Юго-Восточного потока у подножия Клеши.

Фото С. Коняева

Для потоков базальтовой лавы, долго сохраняющей пластичность и подвижность, характерна морщинистая поверхность. Она проявляется после разрушения плитоподобных образований дермолитовой лавы. Морщинистость присуща канатным лавам (ропи-лавы). Лава, продолжающая течь под остывшей коркой, легко скручивается в складки. Этот процесс продолжается и после полного разрушения покрывавшей лавы дермолитовой корки (рис. 15).



Рис. 15 Формирование канатных лав в лавопаде во фронтальной части Юго-Восточного базальтового потока в створе конуса Кругленького.

Фото Е. Лебедевой

Именно волнистые лавы создают систему туннелей – лавоводов, характерных, в частности, для потока Юго-Восточного ТТИ-50 (рис. 16).



Рис. 16 Лавовод в проксимальной части потока Юго-Восточного под более, чем десятиметровой тощей застывших базальтов.

Фото Д. Мельников

Вместе с «пахое-хоэ» на поверхности лавовых потоков, широко распространены также Аа-лавы. Аа-лавы (гавайское название), или анальхраун (исландский вариант термина) – глыбовые лавы, характерные для базальтов средней и малой вязкости. Они отличаются от других глыбовых лав меньшими размерами обломков (до 1.5 м) и большей степенью их спекания. Яркую картину мелкоглыбовой лавовой поверхности демонстрирует дистальная часть потока Ленинградского (рис.17).



Рис. 17 Аа-лавы во фронтальной (западной) части потока Ленинградского. Вдали – вулкан Острый Толбачик.

Фото А. Лукашова

Фотограмметрист ИВиС В.Н. Двигало по результатам аэрофотосъемки посчитал площадь и объем лавовых потоков ТТИ-50 по состоянию на 5 июня. Объем = 0.5 км^3 , площадь = 35.5 км^2 . Данные пока не опубликованы. На конец извержения (август), по мнению Д.В. Мельникова (устное сообщение) эти данные, скорее всего, не слишком изменились. Он посчитал площадь по спутниковому снимку за 9 сентября (рис. 18), и она составила $\sim 36 \text{ км}^2$. Судя по расходу лавы, объем не должен сильно отличаться от $0,5 \text{ км}^3$.

Литература

1. Волынец А.О., Мельников Д.В., Якушев А.И. Первые данные о составе продуктов трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС (Камчатка). ДАН, 2013, т. 452, №3, с. 303-307.
2. Гордеев Е.И., Муравьев Я.Д., Самойленко С.Б., Волынец А.О., Мельников Д.И., Двигало В.Н. Трещинное Толбачинское извержение в 2012-2013 гг. Первые результаты. ДАН, 2013, т.452, №5, с. 562-566.
3. Большое трещинное Толбачинское извержение, Камчатка 1975-1976 / Под ред. С.А. Федотова, М.: Наука, 1984. 638 с.
4. Федотов С.А., Уткин И.С., Уткина Л.И. Периферический магматический очаг базальтового вулкана Плоский Толбачик, Камчатка: деятельность, положение и глубина, размеры и их изменения по данным о расходе магм. Вулканология и сейсмология, 2011, №6. С. 3-20.