

Краткие сообщения

УДК 581.524.323 (571.66)

ЛАВОВЫЕ ПОТОКИ (ИЗВЕРЖЕНИЕ 2009 г.) ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ)

© 2010 С.Ю. Гришин¹, И.В. Мелекесцев²

¹Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, 690022; e-mail: grishin@ibss.dvo.ru;

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Впервые выявлены и кратко описаны два лавовых потока катастрофического извержения 12-15 июня 2009 г. вулкана Пик Сарычева на о. Матуа (Центральные Курилы). Ранее это извержение считалось чисто взрывным. Длина потоков – около 2.4 и 2.7 км, ширина – 100-150 м, с локальными расширениями до 350 м. Площадь потоков ~ 0.8 км², объем лавы ~ 10 млн м³. Лавовые потоки двигались по радиальным ложбинам субсинхронно со шлаковыми пирокластическими потоками и частично перекрывались пирокластикой. Потоки выжгли заросли ольхового стланика и горные луга.

Ключевые слова: извержение, лавовые потоки, экосистемы, Пик Сарычева, Курилы.

ВВЕДЕНИЕ

11 июня 2009 г. началось катастрофическое извержение вулкана Пик Сарычева, расположенного на о. Матуа в центральной части Курильских островов. Побывавшая 26-28 июня 2009 г., вскоре после извержения, на острове специальная экспедиция сахалинских (ИМГиГ ДВО РАН) и приморских исследователей определила извержение как чисто взрывное (Левин и др., 2009). Однако авторы настоящей работы, детально изучив материалы съемок из космоса, а также фото и данные визуальных наблюдений участников морских экспедиций, обнаружили еще и лавовые потоки. Публикация является предварительной, так как полевые исследования лавовых потоков пока не проведены.

СТРОЕНИЕ И АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНА

Существенно пирокластический стратовулкан Пик Сарычева находится в кальдере соммы вулкана Матуа, сложенной преимущественно лавовыми потоками (Горшков, 1967). Вулканические постройки вулкана Пик Сарычева, соммы и кальдеры более старого вулкана Матуа

занимают основную часть о. Матуа и имеют позднеплейстоценовый-голоценовый возраст. Формирование вулкана Пик Сарычева последовало после образования, предположительно в конце позднего плейстоцена – начале голоцена, кальдеры на вершине вулкана Матуа.

Активность вулкана Пик Сарычева в историческое время (XVIII-XX вв.) кратко рассмотрена в работах Г.С. Горшкова (1948, 1967) и Е.К. Мархинина (1964). Известно более десяти его извержений; крупнейшие из них произошли около 1760 г., в 1930, 1946 и в 2009 гг. Вулканологами наблюдалось только умеренное извержение 1976 г. и описаны его последствия (Андреев и др., 1978). По типу исторические извержения вулкана – взрывные и взрывно-эффузивные; продукты извержения – андезиты и андезибазальты. Извержения XX столетия продолжались от нескольких часов до нескольких дней. Важнейшим результатом сильных взрывных извержений были массовый выброс тефры и формирование шлаковых пирокластических потоков, мощные отложения которых вскрываются на побережьях острова.

Конус стратовулкана «бронирован» многочисленными лавовыми потоками, часто до-

ходившими до морского побережья. В XX в. излияния крупных потоков, достигших берега моря последний раз, были отмечены в 1976 г. В 2007 г. пирокластика и затвердевшая лава заполнили вершинный кратер вулкана до уровня его наиболее низкого северо-западного края (Клитин, 2008). Это разительно контрастирует с ситуациями, наблюдавшимися после извержения 1946 г.: в 1954 и 1960 гг. уровень лавы в кратере был отмечен на глубине около 200 м (Горшков, 1967; Мархинин, 1964). В 1976 г., спустя 9 дней после извержения, лава находилась на глубине 50-70 м (Андреев и др., 1978). Перед извержением 2009 г. кратер вулкана, по данным дешифрования космических изображений, имел диаметр около 350-400 м, а не 200-300 м, как упоминается ряде работ (Андреев и др., 1978; Горшков, 1948, 1967; Мархинин, 1964; Левин и др., 2009).

Весьма интересным по своей динамике и геолого-геоморфологическому эффекту оказалось и само июньское извержение 2009 г. Причем многие его особенности и детали впервые удалось выявить и диагностировать при изучении высококачественных и разнообразных материалов, полученных непосредственно в ходе извержения с помощью космических аппаратов. Так, благодаря именно космическим изображениям удалось выявить и диагностировать лавовые потоки этого извержения, незамеченные при полевых исследованиях (Левин и др., 2009).

ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЯ 2009 г.

12-15 июня 2009 г. на о. Матуа произошло мощное эффузивно-эксплозивное извержение, в ходе которого было извергнуто, по приближенным оценкам, около 150 ± 50 млн м^3 вулканитов (Гришин и др., 2010). По другой оценке, объем только изверженной пирокластики превысил 400 млн м^3 (Левин и др., 2009).

Наиболее активная и мощная фаза извержения вулкана имела место в самом его начале. Тогда же отмечались и самые сильные взрывы. Во время сильнейшего из них верхняя кромка эруптивного облака достигала высоты 11-16 км, а по некоторым оценкам — даже 20 км. Связанная с ним зона пеплопада достигала, вероятно, площади более 100000 км^2 . Вулканический пепел выпадал на южном Сахалине, в Хабаровском крае, на значительном удалении на акватории Тихого океана. Однако на самом о. Матуа, за пределами постройки вулкана Пик Сарычева, объем выпавшей тефры, связанной с сильными взрывами, был небольшим и вряд ли превышал 1 млн м^3 . Главная же роль в изменении рельефа вулкана Пик Сарычева и соммы вулкана Матуа, а также в воздействии на природную среду острова принадлежала отложениям шлаковых

пирокластических потоков и пирокластических волн внешне менее эффектной посткульминационной фазы этого извержения (Гришин и др., 2010). Эти потоки с сопровождающими их пирокластическими волнами, а также отложения мощной грубой тефры, превратили конус вулкана в вулканическую пустыню (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=39120>). Наиболее интенсивно (по объему продуктов и длине прохождения) пирокластические потоки формировались на западном (от юго-запада до северо-запада) и северо-восточном секторах склонов вулкана. Пирокластические потоки двигались по любым понижениям рельефа, в том числе по ложбинам, где ранее прошли лавовые потоки, а отложения пирокластических волн перекрывали все поверхности, включая возвышенные. В результате многие элементы мезорельефа, например лавовые потоки 1976 г. (в северо-западном секторе), стали видны менее отчетливо: их рельеф был частично нивелирован мощными (до нескольких метров) свежими отложениями шлаковых пирокластических потоков и волн.

Раскаленные шлаковые пирокластические потоки полностью погребли растительность на склонах, тогда как столь же горячие отложения пирокластических газово-песчаных волн обуглили и ободрали стволы ольховника, оставив на склонах обширные массивы мертвых зарослей. Пеплопад умеренной интенсивности вне конуса вулкана Пик Сарычева привел к отложению на юго-восточной окраине острова слоя тефры толщиной 1-2 см (Гришин и др., 2010; Левин и др., 2009, 2010). Лахары, порожденные пирокластическими потоками, пронесли по распадкам на склонах вулкана. Наиболее заметный из них, длиной более 4 км, достиг зоны освоенной территории в юго-восточной части острова (рис. 1).

Лавовые потоки 2009 г. были обнаружены С.Ю. Гришиным в северо-восточном секторе вулкана на снимках, сделанных с борта международной космической станции (МКС) 17 и 18 июня (рис. 2, 3). Наблюдаются два потока, истоки которых (в пределах 300 м по горизонтали от кромки кратера) почти сливаются. Вероятно, истечение лавы началось сразу же после очистки кратера и канала, возможно, уже после первых мощных взрывов 12 июня. В дальнейшем, по-видимому, умеренная эксплозивная и эффузивная деятельность вулкана происходила одновременно.

А.К. Клитин (личное сообщение) наблюдал в августе 2007 г., что кратер полностью был занят твердой лавово-пирокластической пробкой, которая подступала в северо-западном секторе почти к кромке кратера (рис. 4 на 4 стр. обложки). В кратере до извержения, по спутниковым снимкам ASTER VNIR 2006-2009 гг. (послед-

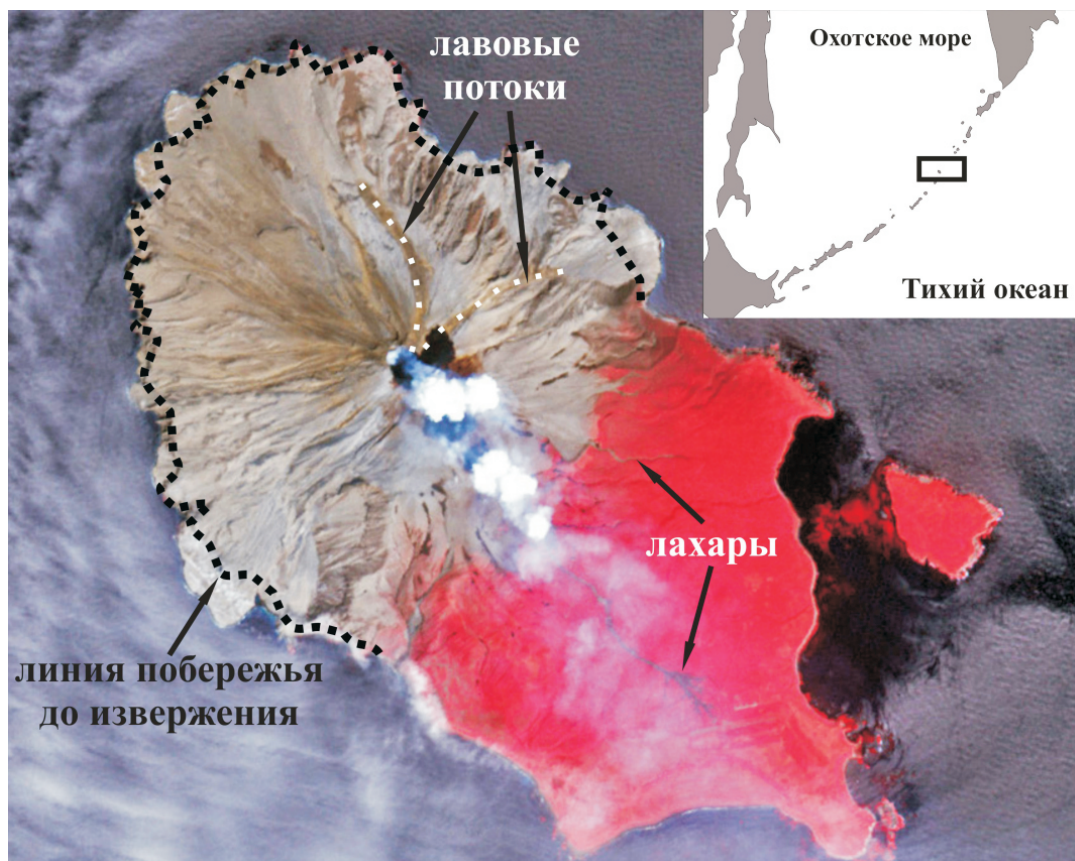


Рис. 1. Остров Матуа после извержения 2009 г. Снимок со спутника ASTER/TERRA от 30 июня 2009 г.

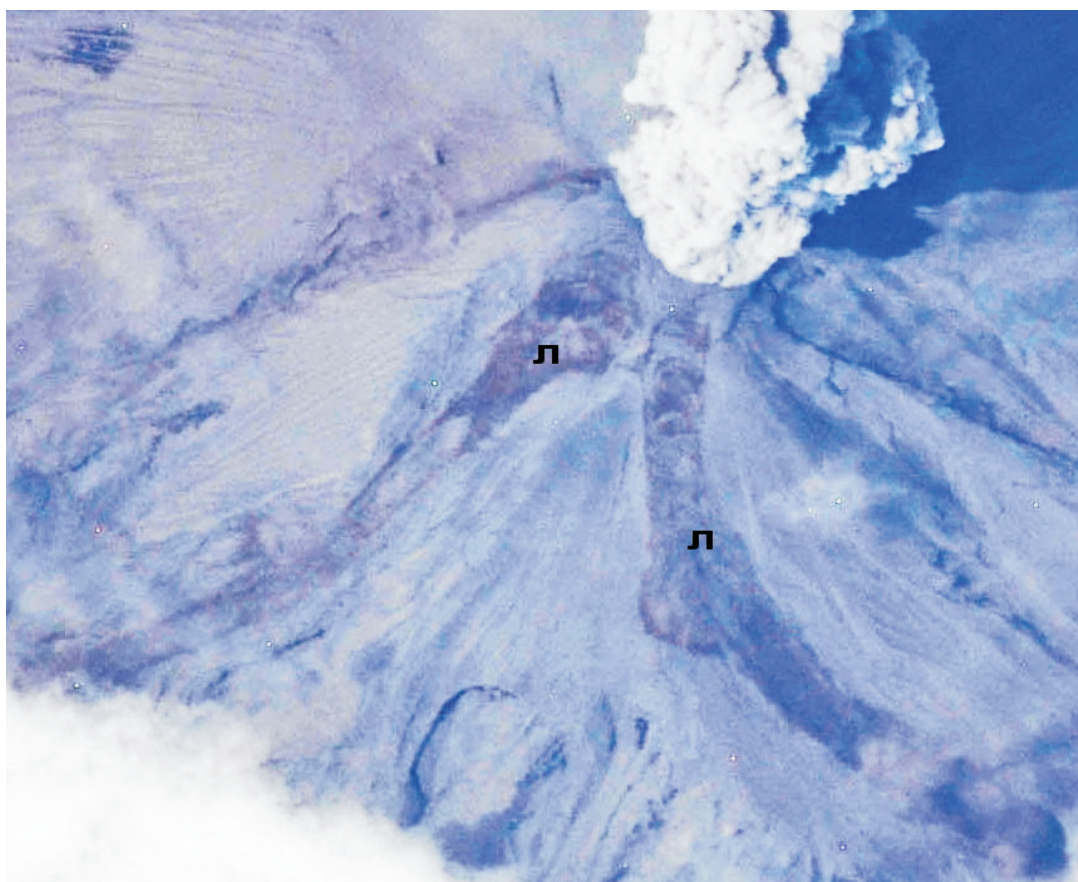


Рис. 2. Лавовые потоки (Л) 2009 г. Фрагмент снимка с борта МКС от 18 июня 2009 г.

ний снимок сделан 31 мая 2009 г.), отмечена термальная зона, занимавшая существенную долю поверхности кратера, но смещенная к его северо-восточной части. Она выделялась по протаиванию снегового покрова и выходам фумарол (рис. 4), которых А.К. Клитин насчитал в 2007 г. полтора десятка (Клитин, 2008); фумаролы также распознаются и на космоснимках. Возможно, формирование жерла произошло в начале извержения именно в этой термальной зоне, смещенной к северо-востоку от центра кратера. Отсюда же впоследствии происходило и излияние лавы.

В ходе сильной эксплозивной деятельности старая лавовая пробка была полностью разрушена, а в кратере после извержения обнажились крутые внутренние стенки, как видно на снимке от 22 июня 2009 г. (http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/1_pan_sarychev_090622.htm). Измерив ширину обнажения по горизонтали и допустив, что угол падения стенок $\sim 70-75^\circ$ (допущение основано на том, что ранее (Горшков, 1948, 1967; Мархинин, 1964) в этом кратере наблюдались «почти отвесные», «отвесные», «вертикальные, даже нависающие» стенки), можно определить, что произошло понижение уровня лавы не менее чем на 200 м.

Изучение космоснимков, выполненных как до, так и после извержения (рис. 1-3), показало,

что северо-восточный лавовый поток пошел по глубокой ложбине, возможно, предварительно заполненной отложениями пирокластических потоков, и закончил свое продвижение на абсолютной высоте около 220 м. Четко выделяются приподнятые борта потока. 14 июня к острову подошло НИС «Профессор Хромов». Капитан и старший помощник капитана судна наблюдали рано утром поток светящейся лавы, спустившийся приблизительно на 2/3 части склона. Они отметили горящую растительность и темный дым от этого зарева (информацию собрал А.В. Соловьев, участник данной экспедиции). Гореть могли только заросли ольхового стланика (либо локально выгорали подстилка, почва горных лугов и верещатников), поскольку иной древесной растительности на острове нет. Верхняя граница зарослей ольховника в данном месте располагалась до извержения почти на том же высотном уровне, где остановился язык лавового потока. Это означает, что к наблюдавшемуся с судна моменту горения зарослей поток достиг (или почти достиг) своей конечной точки. Таким образом, к 4 часам утра летнего камчатского времени (что соответствовало 15:00 UTC (по Гринвичу) 13 июня) излияние северо-восточного потока заканчивалось. Если взять за отсчет начала извержения начало суток 12 июня (11 июня в 00:31 UTC спутником MODIS, по сообщению



Рис. 3. Лавовые потоки (Л) 2009 г. на северо-восточном склоне вулкана Пик Сарычева. Фото с борта МКС от 17 июня 2009 г.

А.В. Рыбина, выявлена термоаномалия), когда около 02:30 UTC спутники зафиксировали первый мощный взрыв, то период истечения потока не превышал 40 часов. При известной длине потока – около 2.7 км (с учетом средней крутизны склона 28°) можно рассчитать скорость продвижения лавы – не менее 67 м/ч.

Второй («северный») поток двигался сначала на север, затем по условиям рельефа изменил направление, отклонившись на абсолютной отметке 850 м примерно на 40° к западу, и завершил свое продвижение на абсолютной высоте около 420 м. Возможно, первая порция лавы была перекрыта вторым наложением лавы – язык последнего слоя выделяется в месте поворота.

Лавовые потоки были обнаружены как на космоснимках, так и на фотографиях, выполненных с моря летом 2009 г. Так, северный поток выявлен нами на фотоснимках экспедиции ИМГиГ ДВО РАН, которые были любезно предоставлены Н.Г. Разжигаевой. Участники этой экспедиции предприняли 28 июня маршрут на моторной лодке вдоль западного и северного побережья острова (личное сообщение Н.Г. Разжигаевой). Судя по детально выполненной фотосъемке (около 400 цифровых фотографий и видео-фрагментов с указанием времени съемки), они достигли района северного побережья, точно напротив языка северного лавового потока, но не увидели

(не опознали?) его. Северо-восточный поток обнаружен нами на снимках, выполненных также с моря 21 августа экспедицией камчатских краеведов (фотографии любезно предоставлены нам их авторами – Е.М. Верещагой и И.В. Витер). Изображение обоих потоков на снимках было низкого качества: северный склон вулкана снят против солнца, причем вершина и подножия вулкана закрыты облаками и туманом. Фотография северо-восточного потока сделана в пасмурную погоду. На малоконтрастном изображении цвет потока сливается с цветом окружающих склонов, перекрытых пирокластическими отложениями (рис. 5). Эта лава, вероятно, также частично перекрывалась отложениями пирокластических волн. При этом шлаковые пирокластические потоки и лавовый поток, видимо, формировались субсинхронно: если верхняя часть лавового потока видна на снимках с МКС вполне отчетливо, то нижняя и средняя части – менее четко (рис. 3), что предполагает частичное перекрытие его рыхлыми отложениями.

Положение и состояние еще не остывших лавовых потоков ясно показали снимки теплового инфракрасного излучения поверхности острова, сделаны ASTER TIR, а также зимние снимки острова. На потоках отсутствовал снеговой покров (рис. 6). Серия снимков ASTER TIR показала узкие линейные контуры повышенной темпера-



Рис. 5. Лавовый поток извержения 2009 г. (показан стрелкой) среди отложений шлаковых пирокластических потоков, образовавших новую сушу у подножия восточно-северо-восточного склона вулкана Пик Сарычева. Фото Е.М. Верещаги, И.В. Витер.

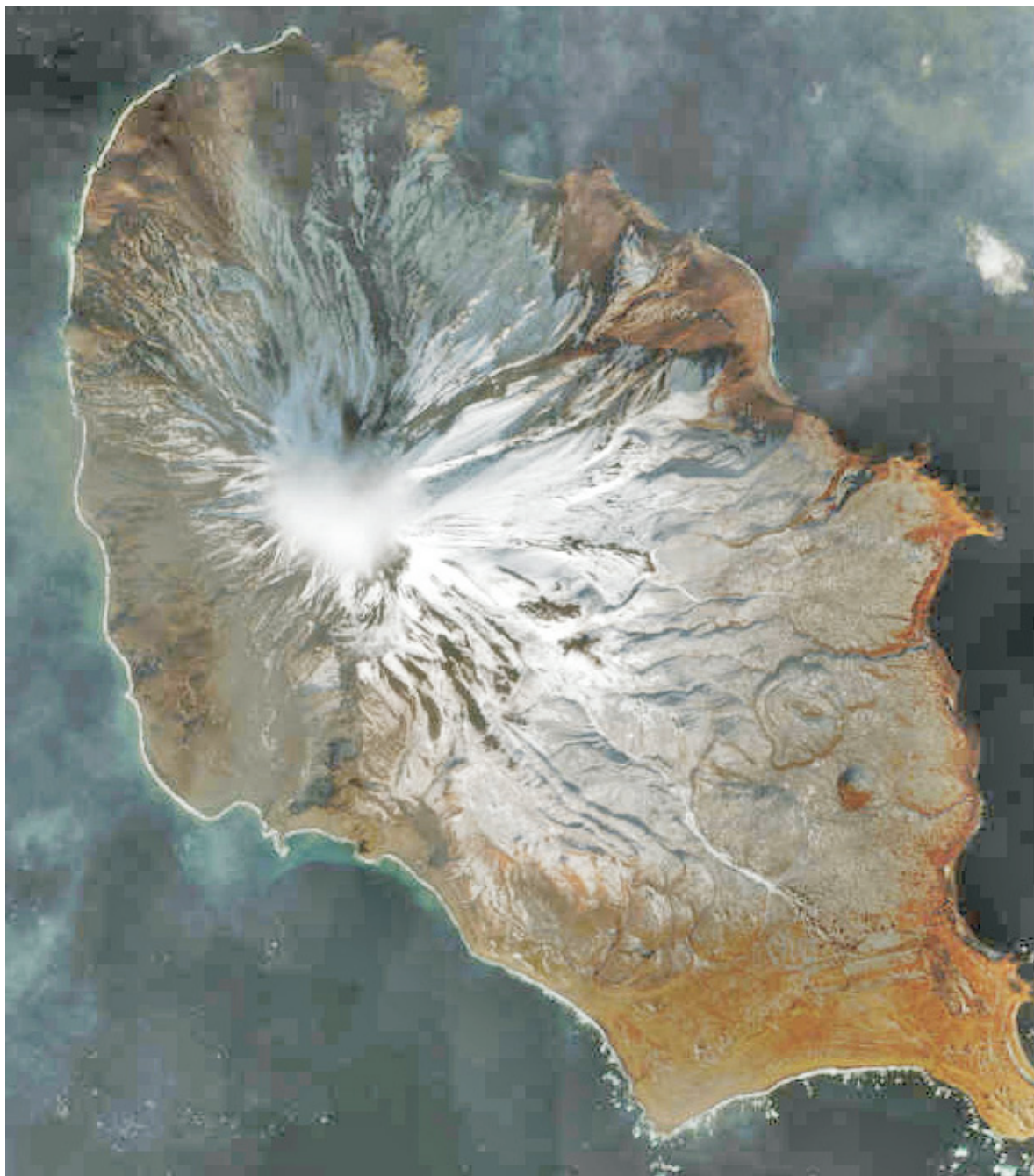


Рис. 6. Снеговой покров на лавовых потоках отсутствует. Фрагмент снимка со спутника Ikonos. 7 ноября 2009 г.

туры за весь период, прошедший после извержения: с лета 2009 г. до лета 2010 г. (рис. 7).

По измерениям на снимках, сделанных с МКС, с поправкой на среднюю крутизну склонов (28°) конуса вулкана Пик Сарычева, длина потоков составляла около 2.4 и 2.7 км. Ширина потоков – переменная величина: у северного потока – 130-150 м, у северо-восточного – 100-140 м, с локальными расширениями – до 300 м в месте поворота (средняя часть) северного потока и до 250 м в районе истока северо-восточного потока. В районе истоков потоки почти сливаются, образуя лавовое поле размером около 300×400 м.

Ширина языков потоков заметно различается – около 150 и 100 м. Площадь потоков, с учетом поправки на крутизну склона, составила около 0.8 км^2 . Допуская, что эти потоки аналогичны потокам, излившимся в 1976 г. (Андреев и др., 1978), и взяв для расчета ту же мощность (10-15 м), можно оценить объем лавы – около 10 млн м^3 . Исходя из этой оценки и предположения, что период истечения составил 40 часов, расход лавы мог быть около $70 \text{ м}^3/\text{с}$. Эта величина вполне соответствует интенсивности выноса вещества при формировании глыбовых лавовых потоков основного состава.

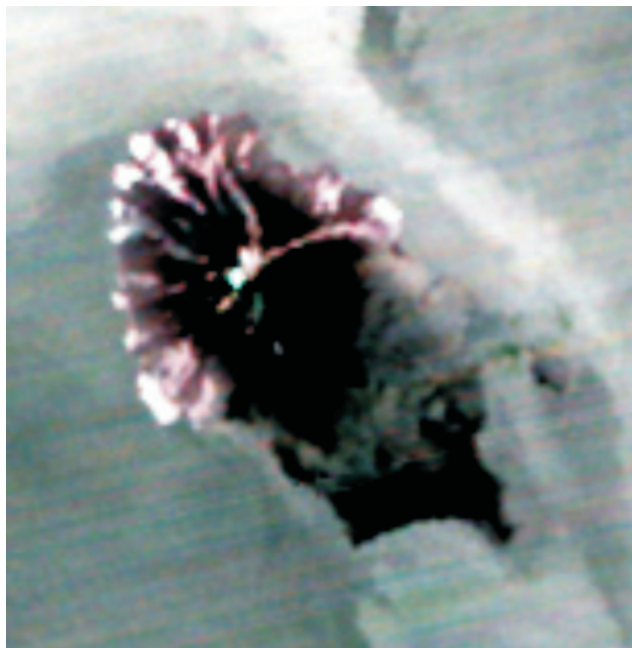


Рис. 7. Снимок теплового излучения поверхности о. Матуа со спутника ASTER/TERRA (подсистема TIR) от 10 октября 2009 г. Светлые участки – зоны повышенной температуры.

Лава погребла растительность на склонах. Растительный покров состоял здесь из зарослей субальпийского ольхового стланика, лугов, верещатников и несомкнутых группировок растений (до извержения) на вулканических отложениях. Северный поток едва затронул древесную растительность, пройдя по предшествующему потоку, сформированному вероятно, в XIX в. Северо-восточный поток достиг гряды, поросшей ольховником, и частично перекрыл ее (рис. 5). Именно здесь происходило выжигание зарослей ольховника, которое наблюдалось 14 июня 2009 г. с судна «Профессор Хромов».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленные и диагностированные лавовые потоки заметно изменяют существующие сейчас, по данным многочисленных публикаций в научных и популярных изданиях (Левин и др., 2009, 2010; Шестакова, 2009а, 2009б), представления о ходе июньского извержения 2009 г. вулкана Пик Сарычева. Это извержение следует отнести

не к чисто взрывному, а к эффузивно-взрывному. Оно заметно отличается по соотношению лавы и пирокластики от близкого по типу извержения этого вулкана в 1976 г. Доля пирокластики в суммарном объеме изверженных продуктов в 1976 г. была значительно меньше.

Авторы благодарны за информацию о природе острова и фотографии коллегам – участникам экспедиций разных лет на о-в Матуа: А.Б. Белоусову, Е.М. Верещаге, И.В. Витер, А.К. Клитину, Н.Г. Разжигиной, А.В. Рыбину, А.В. Соловьеву. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 10-05-01015).

Список литературы

- Андреев В.Н., Шанцер А.Е., Хренов А.П. и др.* Извержение вулкана Пик Сарычева в 1976 г. // Бюл. вулканол. станций. 1978. № 55. С. 35-40.
- Горшков Г.С.* Вулкан Пик Сарычева // Бюл. вулканол. станций на Камчатке. 1948. № 15. С. 3-7.
- Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- Гришин С.Ю., Гирина О.А., Верещага Е.М., Витер И.В.* Мощное извержение вулкана Пик Сарычева (Курильские острова, 2009 г.) и его воздействие на растительный покров // Вестник ДВО РАН. 2010. № 3. С. 40-50.
- Клидин А.К.* Курильский дневник // Вестник Сахалинского музея. 2008. № 15. С. 337-353.
- Левин Б.В., Разжигина Н.Г., Ганзей К.С. и др.* Изменение ландшафтной структуры о. Матуа после извержения вулкана Пик Сарычева 12-15 июня 2009 г. // ДАН 2010. Т. 431, № 5. С. 692-695.
- Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигина Н.Г. и др.* Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева-2009» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98-104.
- Мархинин Е.К.* Вулкан Сарычева // Бюл. вулканол. станций. 1964. № 35. С. 44-58.
- Шестакова О.* Извержение на Курильских островах // Дальневосточный ученый. 2009а. № 12. С. 2.
- Шестакова О.* Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева-2009» (Курильские острова) // Дальневосточный ученый. 2009б. № 16. С. 3.

ЛАВОВЫЕ ПОТОКИ (ИЗВЕРЖЕНИЕ 2009 г.) ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА
**LAVA FLOWS FROM THE 2009 ERUPTION OF SARYCHEV PEAK,
THE CENTRAL KURILES**

S.Yu. Grishin¹, I.V. Melekestsev²

¹Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, Vladivostok

²Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky

This paper contains a first brief description for two lava flows from the 12-15 June, 2009 catastrophic eruption produced by Sarychev Peak, Matua Island, the Central Kuriles. Previously this eruption was considered to be explosive. The flows from the eruption are about 2.4 and 2.7 km long and 100 to 150 m wide, in some places they are as wide as 350 m. The flows occupy the territory of 0.8 km² with lava volume of 10 million km³. They travelled along sector grabens simultaneously with pyroclastic flows burning elder woods and mountain meadows and were partially overlapped by pyroclastics.

Keywords: eruption, lava flows, ecosystems, Sarychev Peak, the Kuriles.