

УДК 581.524.323.(571.645)

С.Ю.ГРИШИН, О.А.ГИРИНА, Е.М.ВЕРЕЩАГА, И.В.ВИТЕР

Мощное извержение вулкана Пик Сарычева (Курильские острова, 2009 г.) и его воздействие на растительный покров

Рассматривается очень сильное извержение влк. Пик Сарычева (о-в Матуа, центральные Курилы) в июне 2009 г. По дистанционным данным (фото из космоса) и наземным наблюдениям, проведенным летом 2009 г., описывается характер извержения и его катастрофическое воздействие на природу острова (на примере растительности).

Ключевые слова: извержение, пирокластические потоки, лавовые потоки, растительность, катастрофа, сукцессии, Пик Сарычева, о-в Матуа, Курильские острова.

Powerful eruption of Sarychev Peak volcano (Kuril Islands, 2009) and its impact on the plant cover. S.Yu.GRISHIN (Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, Vladivostok), O.A.GIRINA (Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky), E.M.VERESHCHAGA (Kamchatka-Kurile Historical-geographical Expedition, Petropavlovsk-Kamchatsky), I.V.VITER (S.P.Krashennnikov Kamchatkan Regional Scientific Library, Petropavlovsk-Kamchatsky).

Very powerful eruption of Sarychev Peak volcano (Matua Isl., the Central Kuriles) in June 2009 is examined in the paper. Nature of the eruption and its catastrophic impact on the island ecosystem (using vegetation as an example) are described based on remote sensing data (photos from the space) and ground observations, carried out in summer of 2009.

Key words: eruption, pyroclastic flows, lava flows, vegetation, catastrophe, succession, Sarychev Peak, Matua Isl., the Kurile Islands.

В середине июня 2009 г. произошло очень сильное извержение активнейшего вулкана Курильских островов – Пик Сарычева, расположенного в центральной части архипелага на необитаемом в настоящее время о-ве Матуа. Интерес научной общественности был подогрет оперативной публикацией в Интернете уникальной серии фотоснимков (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=38985>), снятой в разгар извержения с борта Международной космической станции (МКС). Сильное впечатление производила и другая фотография, выполненная со спутника ASTER / TERRA сразу после извержения: половина острова превратилась в сплошную вулканическую пустыню (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=39120>).

Детали извержения 14 июня видели члены экипажа судна «Профессор Хромов». Краткое обследование отдельных частей острова проведено 26–28 июня экспедицией ИМГиГ ДВО РАН (рук. А.В.Рыбин) [14]. В августе–сентябре 2009 г. краеведы из Петропавловска-Камчатского (рук. Е.М.Верещага) провели наблюдения на острове и выполнили информативную фотосъемку.

ГРИШИН Сергей Юрьевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток), ГИРИНА Ольга Алексеевна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский), ВЕРЕЩАГА Евгений Михайлович – руководитель Камчатско-Курильской историко-географической экспедиции 2003–2009 гг. (представитель МИД России в г. Петропавловск-Камчатский), ВИТЕР Ирина Васильевна – главный специалист (Камчатская краевая научная библиотека им. С.П.Крашенинникова, Петропавловск-Камчатский). E-mail: grishin@ibss.dvo.ru

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-05-01015.

Цель статьи – характеристика изменений в природе острова (в первую очередь на примере растительного покрова) в результате извержения вулкана в 2009 г. Это предварительная публикация, она подготовлена для анализа имеющихся, пока неполных, материалов и может служить для планирования развернутого полевого исследования. Настоящая статья основана на изучении всех доступных материалов, собранных из различных источников: космических снимков, полевых наблюдений июня–сентября 2009 г., опросов участников экспедиций разных лет, большого массива фотографий из этих экспедиций, литературных данных.

Природные условия острова Матуа

Стратовулкан Пик Сарычева, в строении которого преобладают пирокластические породы, находится в сомме влк. Матуа, сложенного преимущественно лавовыми потоками [6]. Вулканические постройки влк. Пик Сарычева и кальдеры влк. Матуа занимают основную часть острова и имеют позднеплейстоценовый–голоценовый возраст. Вероятно, формирование влк. Пик Сарычева последовало после образования в начале голоцена кальдеры на вершине влк. Матуа.

Активность вкл. Пик Сарычева кратко рассмотрена в работах Г.С.Горшкова и Е.К.Мархинина [5, 6, 15]. Известно более 10 извержений вулкана; умеренные и сильные из них отмечались каждые 20–30 лет. Крупнейшие катаклизмы за исторический период произошли около 1760 г., в 1930, 1946 и 2009 гг. В 1976 г. специалистами наблюдалось умеренное эруптивное событие [1]. По характеру извержения были эксплозивными, часто эксплозивно-эффузивными, их продолжительность – от нескольких часов до нескольких дней, состав продуктов – андезиты и андезибазальты. В результате сильных эксплозивных событий образовывались пирокластические потоки, мощные отложения которых вскрываются на побережьях острова.

Конус стратовулкана «бронирован» многочисленными лавовыми потоками; последний раз крупные излияния (до берега моря) отмечены в 1976 г. Кратер вулкана имеет диаметр около 350–400 м (измерено по космоснимкам). В 2007 г. затвердевшая лава заполняла кратер до уровня его наиболее низкого северо-западного края [13]. Это разительно контрастирует с ситуациями, наблюдавшимися после извержения 1946 г. Г.С.Горшковым (1954 г.) и Е.К.Мархининым (1960 г.), когда уровень лавы был отмечен на глубине около 200 м, а также В.Н.Андреевым (1976 г., спустя 9 дней после извержения) – на глубине 50–70 м (при этом осадка лавы в кратере продолжалась).

Для острова характерен холодный климат северных Курил с высоким количеством осадков, преобладающей облачностью, частыми туманами, постоянными сильными ветрами [18]. Отметим, что климатические данные получены на метеостанции, находившейся на продуваемой низменности, где часты выносы туманов с моря. Возможно, на склонах (100–300 м над у. м.) условия более благоприятны: реже бывают туманы, выше инсоляция, меньше сказывается охлаждающее влияние моря.

Растительный покров острова до извержения вулкана в 2009 г.

Для растительного покрова (РП) острова характерны состав и структура растительности северных Курил, причем в редуцированном варианте: он состоит из покровов субальпийского ольхового стланика, лугов, верещатников и несомкнутых группировок растений на вулканических отложениях [8, 11]. На о-ве Матуа отсутствует важнейший доминант растительности северных и центральных Курил – кедровый стланик, а также береза каменная, распространенная на лежащих к югу островах, начиная с соседнего о-ва Расшуа.

Первые сведения о РП острова приведены в донесении казачьего сотника И.Черного в 1769 г.: «Сопка... в недавних годах преужасно горела, причем по всему острову разметало

каменя... Коренья все выгорело и заметано камнем, и ныне хотя тех кореньев и сланца несколько имеется, но весьма мало» [17, с. 135]. РП острова кратко рассматривался в работе японского геоботаника М.Татеваки, который поднимался на вулкан по восточному склону в 1928 г. [19]. Он зафиксировал, что заросли ольховника поднимаются до высоты 400 м и лучше развиты на юго-восточном и южном склонах вулкана, а также отметил молодость растительных сообществ вулкана.

В 1946 и 1954 гг. на склонах действующего конуса РП почти отсутствовал [5, 6]. То же отмечено и в 1960 г.: конус был свободен от РП, а нижние склоны местами заросли травяной и кустарниковой растительностью, причем местами ольховник сожжен или опален [15]. Очевидно, это был эффект недавнего мощного извержения 1946 г. или/и сильного извержения 1930 г. В 1976 г. вулканологи наблюдали умеренное эксплозивно-эффузивное извержение, во время которого «газово-пепловые лавины» прошли по северо-западным и западным склонам конуса. По пути их следования трава и кусты были выжжены и покрыты пеплом и мелким обломочным материалом [1].

Маршруты российских участников международных экспедиций в последние 15 лет ограничивались высадками в низменной юго-восточной части острова, недалеко от бывших поселков; изучалось в основном биологическое разнообразие. Было выявлено, что флора сосудистых растений явно обеднена: всего 214 видов растений, что на 50 меньше, чем на соседнем о-ве Расшуа [2]. А.К.Клигин, поднявшийся с С.А.Чирковым на вулкан по юго-восточному склону в 2007 г., обнаружил, что сплошные заросли ольховника заканчиваются к высоте около 430 м [13]. Высота зарослей – от 1–2 м на склонах до 3–4 м в более благоприятных условиях долин. Верхний предел отдельных кустиков (высота до 0,5 м) отмечен на уровне около 570 м. Далее – собственно шлаковый конус; почти до его вершины (до 1390 м) находятся разреженные травянистые растения.

Информация о распределении РП до извержения 2009 г. получена по спутниковым снимкам (ASTER, LANDSAT и др.). Самые существенные черты распределения РП – асимметрия и фрагментарность пояса стланиковой растительности. Стланики выражены сплошным массивом к юго-востоку от конуса и на северо-восточных его подножиях. Этот массив до извержения занимал площадь около 24 км². Также стланики были представлены отдельными участками (до 1,5 км в поперечнике) молодых зарослей к западу, юго-западу и северо-западу от конуса. На северном, западном и юго-западном склонах основное место в РП занимали серийные сообщества и группировки травянистых и кустарничковых растений на зарастающих вулканогенных субстратах. Информации о них нет. Более успешно зарастали лавовые потоки: за счет пересеченного микро- и мезорельефа они имели множество относительно благоприятных для поселения растений микроэкотопов. Там мог довольно быстро (в течение нескольких десятилетий) формироваться разреженный, а местами и сомкнутый покров (локально доминировали лишайники, мхи, кустарнички, травянистые растения). Так, зелень ясно видна на бортах нижней части лавового потока 1976 г. (северо-западный сектор вулкана) на фото 2003 г. (<http://static.panoramio.com/photos/original/12299241.jpg>).

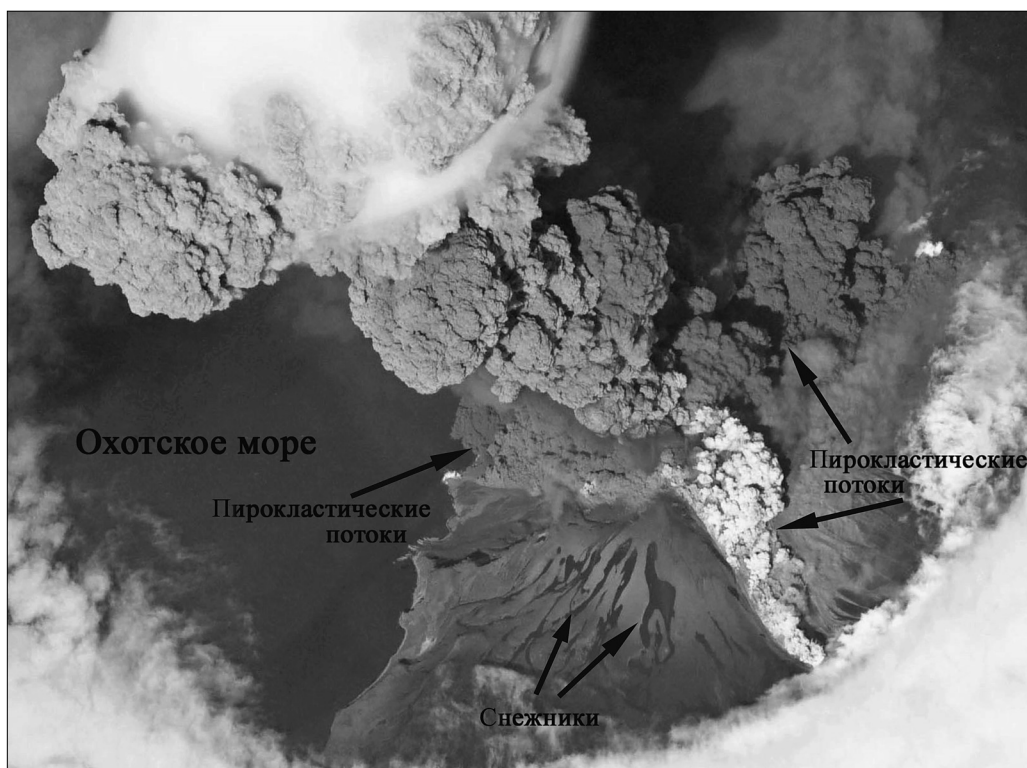
К началу извержения (12 июня 2009 г.) природа острова находилась в фазе перехода от весны (склоны вулкана) к лету (подножия вулкана). Космоснимки показали, что 9 мая средняя и верхняя части конуса были полностью покрыты снегом, снежники по распадкам спускались до уровня моря. 20 мая на подножиях вулкана снег сошел, но вегетация не началась, общий цвет растительности бурый. 31 мая еще были мощные снежники на конусе, протяженность крупнейших из них – до 2 км. Местами у подножия конуса начинается вегетация. 6 июня на подножиях склонов вулкана появляются зеленые массивы, но аспект лугов в низменной юго-восточной части острова еще бурый. На конусе вулкана располагались крупные снежники протяженностью в сотни метров; они были приурочены к депрессиям на склонах (огромные размеры снежников на склонах, по-видимому, сыграли важную роль в формировании наиболее мощных лахаров).

Особенности извержения 2009 г.

12–15 июня происходило мощное эксплозивно-эффузивное извержение вулкана. По спутниковым данным можно определить время и количество эксплозивных событий: за 4 дня зарегистрировано около 20 мощных взрывов, более половины из которых – 13 июня. Ряд спутниковых снимков, составленный в видеоролик, позволил увидеть, что эруптивная колонна не стояла над вулканом все время. Иногда взрывы шли один за другим, как 13 июня с 08:55 до 11:30 (время по Гринвичу), иногда перерывы между ними достигали 1–20 ч. Некоторые пепловые выбросы быстро рассеивались, другие создавали плотные шлейфы. Благодаря особой метеорологической обстановке в этом районе пепловые шлейфы двигались одновременно на запад и восток от вулкана. 17 июня наблюдался слабый пеплопад в г. Южно-Сахалинск. По данным Tokyo VAAC (Volcanic Ash Advisory Center) и NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), пепловые шлейфы распространялись на запад и достигли Памира (более 1500 км) на высотах до 9,8 км, на восток и дальше на север до Аляски (более 3000 км) – на высотах 13,5–16,5 км. То есть в течение извержения происходили взрывы сильные, при которых пепел достигал верхней части тропосферы, и мощные, при которых пепел попадал в стратосферу. В стратосфере скорости перемещения частиц на порядок превосходят скорости в нижних слоях атмосферы, что и обусловило такую значительную дальность разноса пепла. Кроме пепла при сильных извержениях вулканов в атмосферу выбрасывается также большое количество SO_2 . Так, с помощью спутника Aiga 13 июня 2009 г. с 02:05 до 02:11 UTC в районе влк. Пик Сарычева было зарегистрировано содержание 55,5 тыс. т SO_2 на площади 68 479 км².

12 июня получена серия уникальных снимков с борта МКС (по местному, летнему камчатскому, времени съемка проведена 13 июня в 11:15). Станция пролетала над островом на расстоянии около 400 км от поверхности Земли. Судя по хронометражу, съемка велась одновременно 3 камерами (Nikon D2Xs, матрица 24 x 36 мм, фокусное расстояние объектов 300, 400 и 800 мм) в течение около 50 с. На снимках можно разглядеть сектор юго-западного побережья острова, южный и отчасти восточный склоны конуса (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=38985>). Над конусом возвышается многокилометровая эруптивная колонна. Из ее краевых частей на склоны обрушиваются пирокластические потоки (до 5 одновременно). Потоки имеют разные размеры и тон: от темного (почти черного) до почти белого. Склоны конуса, особенно в верхней части, в некоторой степени покрыты свежими вулканитами. Темные контуры на склоне – снежники, присыпанные увлажнившейся от тающего снега тефрой. На снимках хорошо видны зеленые склоны подножий вулкана и побережье, еще не засыпанные пирокластикой. Это говорит о том, что извержение находилось в начале наиболее активной стадии.

На снимках, сделанных с МКС 14, 16 и 17 июня, видно, что извержение активно продолжалось. К 17 июня склоны конуса были полностью перекрыты вулканитами. На снимках от 17 и 18 июня отчетливо выделились 2 расходящихся лавовых потока на северо-восточном и северном склонах. Кратер прикрыт шапкой эруптивного столба, поэтому источник излияния лавы не вполне ясен (собственно ли кратер или же бокки, образовавшиеся ниже кромки кратера). Изучение снимков показало, что северо-восточный поток пошел по глубокой ложине, предварительно заполненной, по-видимому, отложениями пирокластики, и закончил свое продвижение на высоте около 220 м. Четко выделяются его приподнятые борта. Этот светящийся поток рано утром 14 июня наблюдали капитан и старпом НИС «Профессор Хромов», подошедшего к острову. Они уверенно определили его как лавовый поток и сообщили подробности о горящей растительности на склоне (информацию собрал А.В.Соловьев, участник этой экспедиции). Второй поток двигался на север, затем по условиям рельефа изменил направление, отклонившись примерно на 40° к западу, и остановился на высоте около 430 м. Ширина потоков около 120–200 м, длина около 2,1 и 2,4 км (в горизонтальной проекции). Допуская, что их мощность аналогична



Эруптивный столб извержения влк. Пик Сарычева 13 июня 2009 г.
 (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=38985>)



Ситуация на о-ве Матуа после извержения (2 августа 2009 г.). Фото со спутника *QuickBird 2*

излившимся в 1976 г. (10–15 м [1]), можно вычислить объем лавы – около 10 млн м³ (возможно, широкий северный поток обладает большей мощностью; т.е. объем может достиг 12–15 млн м³). Снимки теплового излучения поверхности острова (ASTER TIR) ясно показали положение потоков. Вероятно, лава начала изливаться после многочисленных пепловых выбросов, открывших кратер вулкана и очистивших его канал для свежего магматического вещества.

При последних выбросах ювенильного материала, заполнявшего кратер, произошло формирование нескольких пирокластических потоков, сложенных относительно пористыми обломками округлой формы размером 5–50 см, текстура которых показывает, что во время движения они были не в твердом, а в пластичном состоянии. Такие отложения были обнаружены в юго-западном и юго-восточном секторах вулкана.

На снимках ASTER / TERRA от 25 и 30 июня впервые стал виден масштаб изменения среды на острове: более половины территории, вся северо-западная часть (конус, склоны и подножие вулкана до берега моря), перекрытая свежими отложениями, превратилась в вулканическую пустыню (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=39120>). Более того, отложения пирокластических потоков и, возможно, лахаров внедрились в море, образовав новую сушу. На трех участках береговая линия отодвинулась на 400 м, суммарная наращенная площадь составила 1–1,5 км². Пирокластические потоки сопровождалась пирокластическими волнами. Если первые двигались по понижениям рельефа, в том числе по ложинам, где ранее прошли лавовые потоки, то волны перемещались по любым, даже возвышенным поверхностям. В результате рельеф был частично нивелирован мощными (до нескольких метров) свежими отложениями пирокластике; из-за этого, например, лавовые потоки 1976 г. (в северо-западном секторе) стали видны на спутниковых снимках менее отчетливо, чем до извержения.

28 июня участники экспедиции ИМГиГ прошли на моторной лодке вдоль западного и северо-западного побережий острова. Фотографии сотрудницы ТИГ Н.Г.Разжигасовой показали, что склоны вулкана были полностью перекрыты свежими вулканическими отложениями, которые обильно парили на побережье. Очевидно, это были ювенильные высокотемпературные отложения пирокластических потоков. Живая растительность в виде зарослей стланика представлена только на отдельных участках крутых склонов на побережье; ольховник зеленеет, но, как правило, сильно «припудрен» пирокластикой. Лишь там, где слой пирокластике не превышал нескольких сантиметров, в августе–сентябре наблюдалась невысокая травяная растительность на некоторых не слишком крутых участках склонов, а на крутых отмечались растения на смещенных кусках дерна. К концу лета листва ольховника была промыта от пепла дождями.

На юго-восточном склоне граница контакта между шлаковой пустыней конуса и покрытыми растительностью склонами проходит сейчас на высоте примерно 400–450 м; после извержения она понизилась на 100–150 м. Расстояние от кратера до этой границы составляет около 2,5 км, тогда как к северо-западу от кратера границей пустыни является берег моря (расстояние до 3,5–4 км). На юго-восточном склоне хорошо выражено воздействие пирокластических волн на растительность. В этой стороне пирокластических потоков было мало в силу вероятного наклона эруптивной колонны на северо-запад, а также особенностей постройки вулкана. Пирокластические потоки и волны привели к катастрофическому таянию мощных снежников. На склонах вулкана к началу извержения находились миллионы кубометров плотного снега и фирна, таяние которых повлекло образование лахаров. На снимке видно, как пирокластический поток, проходя по снежнику, вызывает мощное испарение воды, и клубящаяся над потоком туча становится белой, в отличие от темных туч других потоков, спускающихся одновременно по другим склонам. По мере движения пирокластике растапливала лежавшие в долинах снежники, смешивалась с водными массами, в средней и нижней частях долины поток был уже грязевым. Крупнейший из лахаров, длиной более 4 км, узкой полосой (ширина не более 50 м)

прошел на юг от вулкана по распадку ручья, сметая растительность по бортам русла грязевой массы. Лахар почти достиг своим конусом выноса полосы аэродрома. Мощность отложений лахара в средней его части оценивается в 2–2,5 м, к фронтальной части она постепенно уменьшается и сходит на нет.

Спутниковые данные за август–ноябрь 2009 г. показывают значительные изменения новообразованной береговой линии в результате размывания свежееотложенных вулканитов. На снимке от 22 сентября (спутник QuickBird) видно, что размываемые вулканиты течением выносятся в море к востоку от острова на расстояние до 3 км от берега. На северо-западном побережье острова за 100 дней (сравнивая фото спутников ASTER / TERRA от 30 июня и IKONOS от 8 октября) заметно сгладилась форма берега; линия побережья, получившая из-за многочисленных конусов выноса фестончатый характер, приобрела более плавные очертания. Наиболее выдающиеся части «фестонов» сгладились, выступы уменьшились, промежутки между ними заполнились либо материалом, вынесенным сверху со склона, либо свежими вулканитами, размывтыми и переотложенными морем (возможно, происходила аккумуляция сверху и снизу). Удивительно выглядят ноябрьские снимки того же побережья: за счет аккумуляции вулканитов оно представляет собой ровную линию. Однако ситуация, по-видимому, со временем изменится, и береговая линия здесь приобретет близкий к прежнему (до извержения) характер. Согласно изображению со спутника WorldView от 20 ноября, остров покрыт снегом, но на побережье выделяются темные (бесснежные) участки отложений пирокластических потоков, которые остаются горячими. Они оставались горячими и после долгой зимы (фото WorldView-2 от 29 марта 2010 г.).

Воздействие извержения 2009 г. на природу острова

В ходе извержения на РП воздействовали пирокластические потоки и сопровождающие их волны, лавовые потоки, пеплопад и лахары. Вклад этих проявлений вулканизма в разрушение РП различен, наиболее масштабно и уничтожающе влияли раскаленные пирокластические потоки, под отложениями которых были погребены большие территории острова. Пирокластические потоки, судя по спутниковым снимкам, перекрыли часть склонов и подножия вулкана, а также обрушились в море. Подобно лавинам, они перемещаются по понижениям в рельефе – руслам рек и лощинам. Крутизна склонов конуса (более 30°) способствовала тому, что потоки двигались с большой скоростью; их отложения приурочены главным образом к подножиям вулкана. Судя по снимку теплового излучения поверхности острова ASTER TIR от 10 октября, горячие отложения перекрыли главным образом западную часть вулкана, а также секторы на северном и восточном склонах, местами заметно внедрившись в море. Мощность пирокластики, покрывшей территорию около 13–15 км², составила, по-видимому, несколько метров.

Спустя два месяца после извержения отложения на побережье заметно парили; их толщи могут оставаться горячими долгие годы. Так, отмечалось, что на отложениях извержения 1946 г. fumaroles интенсивно действовали и в 1954 г. [6]. После прохождения пирокластических потоков РП оказывается полностью погребенным. Восстановление растительности на отложениях потоков идет как первичная сукцессия, начинается с заселения случайными пионерами. Процесс этот, по-видимому, длительный: формирование как почвенного покрова, так и зрелого РП может занимать столетия.

Пирокластические волны, генетически связанные с пирокластическими потоками, представляют собой турбулентную низкоплотностную высокогазонасыщенную и высокотемпературную массу, которая распространяется прямолинейно, отрывается от тела потока и движется независимо от него [4]. Для них характерны высокие скорости (десятки метров в секунду) и температура (до 700–900°C). Их отложения обнаруживаются по окраинам трассы прохождения потока. Так, вулканологи описали в 1976 г. движение «газопепловых лавин» и отметили, что ширина их составляла 400–500 м [1]. Судя по описанию,



Лахар (грязекаменный поток) уничтожил древесную растительность на склонах долины ручья. Фото Е.М.Верещаги, И.В.Вутер



Зоны воздействия на растительность: полное погребение ольховника пирокластическими потоками (1); ольховник, погибший вследствие воздействия пирокластических волн (2). Фото Е.М.Верещаги, И.В.Вутер

в указанных пределах (400–500 м) на РП острова воздействовали как пирокластические потоки, так и сопровождавшие их пирокластические волны. Вероятно, и в 2009 г. потоки проходили по руслам, оставляя многометровые отложения, а прилегающие склоны были покрыты относительно маломощными (доли метра) отложениями волн. На юго-восточном склоне вулкана пирокластические волны воздействовали на растительность только на ближайших к конусу вулкана увалах. Если пирокластические потоки полностью уничтожили ольховник, то волны оставили на месте мертвые побеги. Кроме этого, в боковых частях зоны отложений волн местами можно было видеть «порыжевшую» растительность – стланики с побуревшей, усохшей листвой (результат термического и химического воздействия пирокластических волн).

Мощность отложений волн может составлять в среднем несколько десятков сантиметров, и, как было изучено недавно на влк. Шивелуч [9], мощность отложений коррелирует с уровнем разрушительного воздействия волны. Там же отмечено, что, судя по опаленности и ошкуренности коры деревьев, наиболее интенсивное воздействие пирокластических волн происходит на высоте до 2–3 м. По этой причине низкорослые (1–2 м) заросли ольховника на склонах влк. Пик Сарычева подверглись максимально возможному разрушительному воздействию, находясь в весьма уязвимом состоянии: незадолго до извержения сошел снег, обнажив заросли, на ветвях развернулись почки и молодая листва. Мощный (возможно, неоднократный) термический и механический удар, а также химическое отравление и погребение горячим материалом привели к гибели заросли стланика. Летом 2009 г. наблюдались обширные участки мертвого ольховника с ободранными и обугленными побегами, без листвы и тонких веточек. Местами, однако, из-за рельефа, экранировавшего воздействие, или из-за специфики движения волны ольховник частично уцелел. Травяной покров под пологом погибшего стланика местами начал восстанавливаться благодаря тому, что часть растений в период извержения еще не начала вегетировать, часть, возможно, была предохранена от горячей пирокластики прослойкой холодной тефры или остатками снега, а часть начала восстанавливаться из банка семян, находящегося в почве.

Лавовые потоки занимают четко очерченную площадь; они прошли, вероятно, по ранее сформированным отложениям пирокластических потоков, а в некоторых местах могли перекрываться ими. Лавы ясно выделяются на фото теплового излучения ASTER TIR, а позднее осенью 2009 г. их горячую поверхность выдавало отсутствие снега (фото со спутника IKONOS от 7 ноября). Площадь потоков составила около 0,8 км². Потоки погребли раскаленной массой растительность на склонах. Сукцессии на лаве могут длиться тысячелетия [12], однако в условиях крайне высокой активности влк. Пик Сарычева этот период может резко уменьшиться из-за интенсивной аккумуляции рыхлых вулканитов на лаве, а также в связи с тем, что количество стадий сукцессии здесь предельно сокращено.

Выпадение тефры из эруптивной тучи проходило на всей территории острова. Ее количество было невелико: мощность отложений – от 1–2 см в юго-восточной низменной части острова до 20 см на юго-восточном склоне вулкана на высоте 600 м (генезис отложений в последней точке требует уточнения). Так, утром 14 июня тефра была отмечена участником экспедиции Ю.Б.Артюхиным на листьях борщевика на небольшом о-ве Топорковый, находящемся к юго-востоку от о-ва Магуа. По-видимому, разгрузка эксплозий происходила преимущественно в виде пирокластических потоков, на собственно тефру приходилась небольшая часть материала. Поскольку эруптивные столбы достигали значительной высоты (до 16,5 км), тонкая тефра легко разносилась за пределы острова, основная ее часть, вероятно, выпала в море. В этих условиях выпадение тефры, как отмечали участники летних экспедиций, не наносило существенного ущерба ни травяной, ни стланиковой растительности. Низкий рододендрон золотистый и кустарничек филлодоце алеутская, оправившись от частичного погребения тефрой, вторично (или с задержкой) расцвели в начале сентября. По нашим данным, при других летне-осенних извержениях (Алаид 1972 г., Толбачик 1975 г., Чикурачки 1986 г.) ольховник погибал при отложениях

базальтовой тефры мощностью 30–40 см [7, 10]. Однако на склонах конуса близ верхнего предела стланиковой растительности выпадение даже 10–20 см тефры в сочетании с маломощными отложениями пирокластических волн могло усиливать эффект воздействия и приводить к гибели растительности.

Обсуждение

Важнейший показатель мощности извержения и потенциальной трансформации экосистем – объем извергнутых вулканитов. Наша оценка объема основана на изучении космофотоснимков и наземных фотографий, отдельных измерениях мощности отложений, выполненных летом 2009 г., а также на аналогиях с другими извержениями. Мы оценили продукты июньского извержения следующими числами: объем пирокластических потоков, сформированных на суше, – 20–40 млн м³, видимые отложения пирокластических потоков и, возможно, лахаров, увеличивших территорию суши, – 14–35 млн м³, толщи пирокластических потоков, скрытые под водой, – 10–40 млн м³, отложения пирокластических волн на суше и в море – 2–5 млн м³, тефра на суше – 4–10 млн м³, тефра вне острова (в основном в море) – 40–60 млн м³, лавовые потоки – 10–15 млн м³. Сводная оценка общего объема вулканитов – 100–200 млн м³. Коэффициент эксплозивности 0,90–0,95. Разумеется, после детальных полевых исследований приведенные значения могут быть скорректированы. Сравнительно точно мы полагаем оценку объема лавовых потоков, приблизительно – пирокластических потоков и волн, а также тефры на суше; предположительной – пирокластических потоков, отложившихся под водой, и тефры вне острова.

Большая часть изверженных продуктов – ювенильный материал, меньшая – резургентный (продукты прошлых извержений, например, твердая лавовая пробка в кратере, основная часть которых, вероятно, была вынесена мощными взрывами в начале извержения). Вулканиты представлены в основном пирокластическими породами, подавляющую часть которых составляют отложения пирокластических потоков. Эти потоки с сопровождающими их пирокластическими волнами, а также отложения тефры превратили конус и подножия вулкана в вулканическую пустыню. Наиболее интенсивно (по объему продуктов и пройденному расстоянию) пирокластические потоки низвергались на западные (от юго-запада до северо-запада) и северо-восточные склоны вулкана. Ориентированность движения потоков связана, по-видимому, с некоторым наклоном подводящего канала, по которому магма поступает на поверхность Земли, на северо-запад, что обусловлено образованием влк. Пик Сарычева в кальдере влк. Матуа, а также строением его кратера.

Раскаленные потоки полностью уничтожили растительность, тогда как газово-песчаные пирокластические волны обугливали и обдирали стволы ольховника, оставив на ряде склонов обширные массивы мертвых зарослей. Другим важным продуктом извержения были лавовые потоки, которые двумя языками длиной до 2–2,5 км и шириной до 120–200 м спустились в северо-восточном секторе вулкана, выжигая стланиковую растительность нижних частей склонов. Пеплопад умеренной силы усугубил поражение растительности, но вне конуса он был небольшим; основная масса пепла, по-видимому, выпала за пределами острова. Лахары, рожденные пирокластическими потоками, спускались, вероятно, по разным склонам вулкана; наиболее заметный имел длину более 4 км, он достиг зоны освоенной территории в юго-восточной части острова.

Извержение влк. Пик Сарычева в 2009 г., по-видимому, было сходно по мощности и объему продуктов с другими его крупными эруптивными событиями XX в. (1930, 1946 гг.), но, возможно, уступало масштабами воздействия на среду особо мощному извержению начала 1760 г., о котором упоминается в рапорте И.Черного [17]. Тем не менее за последнее столетие это одно из крупнейших извержений на Курильских островах, и по площади поражения РП (в пределах 25–30 км²) оно превосходит крупные извержения вулканов Севергина (1933 г.), Алайд (1972, 1981 гг.), Тятя (1973 г.) [7, 10], уступая по этому показателю

только сопоставимому по объему пироклаستيку эруптивному событию на влк. Чикурачки в 1986 г. [3, 16]. В отличие от относительно безопасных извержений базальтовых вулканов (Алаид, Чикурачки, Тятя), извержения андезибазальтового влк. Пик Сарычева весьма рискованны из-за взрывного характера и воздействия пирокластических потоков. По этим проявлениям вулкан похож на самые опасные андезитовые вулканы региона: Севергина (о-в Харимкотан), Шивелуч и Безымянный (п-ов Камчатка).

Восстановление РП до наблюдавшегося перед извержением состояния (разреженная травяно-кустарниковая растительность) на склонах, сформированных старыми лавовыми потоками и перекрытых маломощными (доли метра) рыхлыми отложениями 2009 г., может занять несколько десятков лет. Для подножий вулкана, где (как, например, в северо-восточном секторе) на склонах существовали сомкнутые заросли стлаников, становление аналогичного РП потребует до 100 лет и более. Конус стратовулкана, покрытый шлаками и отложениями пирокластических волн, обновил свою поверхность и достаточно быстро (в пределах 1–3 десятилетий) снова покроеется разреженными травянистыми пионерными растениями. На новых лавовых потоках и мощных отложениях пирокластических потоков сукцессия могла бы длиться сотни лет, однако это вряд ли реально в условиях крайне высокой активности вулкана: сукцессии прервутся очередным катаклизмом. Природный комплекс вулкана являет собой редкий пример крайне динамичной и постоянно развивающейся экосистемы; природа здесь не устает запускать экологические часы снова и снова.

Авторы благодарны за информацию о природе острова, фотографии и обсуждения коллегам – участникам экспедиций разных лет на о-в Матуа: Ю.Б.Артюхину, В.Н.Бурканову (КФ ТИГ ДВО РАН), В.Ю.Баркалову (БИП ДВО РАН), А.Б.Белоусову (Earth Observatory of Singapore), А.К.Клитину (СахНИРО), Т.К.Пинегинной, С.А.Чиркову (ИВиС ДВО РАН), Н.Г.Разжигаевой (ТИГ ДВО РАН), А.В.Рыбину (ИМГиГ ДВО РАН), А.В.Соловьеву (ИВиГ РАЕН).

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Баркалов В.Ю. Флора Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2009. 468 с.
3. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Гришин С.Ю., Крестов П.В. Исторические извержения вулкана Чикурачки (о-в Парамушир, Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 3. С. 15-34.
4. Гирина О.А. Пирокластические отложения современных извержений андезитовых вулканов Камчатки и их инженерно-геологические особенности. Владивосток: Дальнаука, 1998. 174 с.
5. Горшков Г.С. Вулкан Пик Сарычева // Бюл. вулканол. станций на Камчатке. 1948. № 15. С. 3-7.
6. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
7. Гришин С.Ю., Яковлева А.Н., Шляхов С.А. Воздействие извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1972 г. на экосистемы // Вулканология и сейсмология. 2009. № 4. С. 30-43.
8. Гришин С.Ю. География растительного покрова Курильских островов (к карте растительности архипелага) // Изв. РГО. 2008. № 5. С. 8-15.
9. Гришин С.Ю. Гибель леса на вулкане Шивелуч под воздействием палящей пирокластической волны (Камчатка, 2005 г.) // Экология. 2009. № 2. С. 158-160.
10. Гришин С.Ю. Крупнейшие вулканические извержения XX столетия на Камчатке и Курильских островах и их влияние на растительность // Изв. РГО. 2003. № 3. С. 19-28.
11. Гришин С.Ю., Баркалов В.Ю. Растительный покров северных Курил // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 3. С. 61-69.
12. Гришин С.Ю. Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Ботан. журн. 1992. № 1. С. 92-100.
13. Клитин А.К. Курильский дневник // Вестн. Сахалин. музея. Сахалин. обл. краевед. музей. 2008. № 15. С. 337-353.
14. Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. и др. Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева-2009» (Курильские острова) // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98-104.
15. Мархинин Е.К. Вулкан Сарычева // Бюл. вулканол. станций. 1964. № 35. С. 44-58.
16. Овсянников А.А., Муравьев Я.Д. Извержение вулкана Чикурачки в 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5/6. С. 3-20.
17. Русские экспедиции по изучению северной части Тихого океана во второй половине XVIII в.: сб. документов. М.: Наука, 1989. 400 с.
18. Справочник по климату СССР. Вып. 34. Л.: Гидрометеоздат, 1970. Ч. 2. 200 с.
19. Tatewaki M. On the plant communities in the Island of Matsuwa in the Middle Kuriles // Sapporo Nat. History Soc. 1929. Vol. 11, pt 1. P. 25-30.