

УДК 910:911

© С. Ю. ГРИШИН

ИЗЛИЯНИЕ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ В XX И НАЧАЛЕ XXI В.: МАСШТАБЫ И ГЛУБИНА ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ

В минувшее столетие на Камчатке и Курильских островах произошла серия вулканических извержений, в ходе которых зафиксированы излияния лавы, перекрывшей обширные территории. Сукцессии на лаве в условиях Севера являются крайне медленнотекущими процессами [7], поэтому излияния лав не только уничтожают существующие экосистемы, но и надолго (на столетия и тысячелетия) превращают территории лавовых покровов в бедленды. Лавовые излияния являются существенной частью протекающих извержений и нередко составляют их основу. За последнее столетие лавовые потоки отмечены при преимущественно базальтовых извержениях камчатских вулканов Ключевской, Плоский Толбачик, крупного вулканического образования Толбачинский Дол, а также курильских вулканов Алаид и Чикурачки. Андезибазальтовые лавы изливались при извержениях вулканов Карымский и Кизимен на Камчатке, Пик Сарычева на о-ве Матуа, небольшие андезитовые потоки отмечены на камчатских вулканах Шивелуч и Безымянный. В зависимости от петрохимического состава и температуры магмы изливающаяся лава имеет различную вязкость и соответственно скорость движения потоков. Общий объем лавы в ходе разных извержений меняется от сотен тысяч до сотен миллионов кубических метров и зависит от мощности магматического очага.

Центрами излияний являлись вершинные кратеры, боковые прорывы на склонах вулканов, а также районы трещинных излияний, находящиеся на вулканических плато на значительном расстоянии от ближайших активных вулканов. Высотный диапазон положения эффузивных центров достигает около 4800 м. Максимальные отметки (около 4750 м) характерны для вершины вулкана Ключевской, минимальными являются отрицательные значения для подводного извержения Такетомы (вулкан Алаид, 1933—1934 г.). Зональные условия природных комплексов территорий, где располагаются перечисленные вулканы, находятся в диапазоне от среднебореальных до субарктических [25]. Однако нередко лавовые потоки могут располагаться в разных высотно-климатических условиях, когда эффузивный центр находится в холодной высокогорной зоне, а язык потока достигает пояса хвойного леса. В данной статье рассмотрены все извержения последнего столетия на Курильских островах, вызвавшие поражение экосистем, особенности погибших

экосистем, масштабы изменений, ход и перспективы сукцессий (аналогичный материал, относящийся к Камчатке, готовится в отдельной публикации). Особое внимание уделено недавнему извержению на о-ве Матуа.

Особенности природных условий региона. Лавовые излияния произошли в ходе 7 извержений на 5 вулканах (Алаид, Чикурачки, Пик Сарычева, кальдера Заварицкого, вулкан Сноу). Три острова (Атласова, Матуа, Чирпой) из пяти, на которых расположены эти вулканы, являются необитаемыми. Остров Парамушир — крупнейший и единственный обитаемый остров северной половины архипелага; на расстоянии 12 км от извергавшегося в 1986 г. вулкана Чикурачки располагалась погранзаства, с которой были видны некоторые детали извержения. Наблюдатели и исследователи видели в разной степени подробности ход или эпизоды шести извержений, кроме последнего (вулкан Сноу), при этом лавовые излияния были наблюдаемы в ходе четырех из шести извержений (Алаид, 1934, 1972; Пик Сарычева, 1976, 2009).

Все 7 извержений произошли в северной половине архипелага, протянувшейся дугой на расстояние 600 км от о-ва Чирпой до о-ва Атласова. Эта часть Дальнего Востока России отличается необычайно суровыми климатическими условиями, не соответствующими ее положению в умеренных (46—51 с. ш.) широтах. Во всей северной части Тихого океана, вплоть до 60° с. ш., район северных Курил выглядит уникальным островом с минимальными температурами поверхностных вод в августе (6—9°). В результате, отклонения температуры воздуха от среднеширотной в июле достигают экстремального в Северном полушарии показателя -8° [23]. Как следствие, острова безлесны, доминирующая здесь растительность — лугово-стланиковая. Древесная растительность представлена зарослями ольхового и кедрового стлаников, а также рябины кустарниковой и кустарниковых ив. Лишь на о-ве Симушир появляются местами березовые редколесья. Кедровый стланик, важный доминант растительности Курил, присутствует в растительном покрове лишь одного, крупнейшего из четырех островов (Парамушир), но недавно был обнаружен на о-ве Матуа [10]. Покров стлаников поднимается от прибрежных террас до высоты около 1200 м; максимальные отметки зафиксированы на северо-западном склоне о-ва Атласова. На активных вулканах высотные пределы древесной растительности резко снижены; особенно это характерно для о-ва Матуа, где на склонах вулкана Пик Сарычева они не превышают 450 м.

В период 1997—2010 гг. автором обследованы районы пяти из семи описываемых извержений, кроме района последнего извержения 2012—2013 гг. на о-ве Чирпой, и района произошедшего в 1957 г. извержения в кальдере Заварицкого (о-в Симушир). Результаты анализировались по материалам аэро-фото- и космосъемки разных лет, в том числе по спутниковым снимкам высокого разрешения. В ходе работ в 2009 г. автору, дешифрируя снимки из космоса, удалось первому обнаружить лавовые потоки извержения вулкана Пик Сарычева 2009 г. [13]. Кроме того, было выявлено, что извержение этого вулкана 1946 г., которому приписывали лавовые излияния, в действительности эффузивным не является (см. далее).

Вулкан Алаид. Остров Атласова, наиболее северный из Курильских островов, представляет собой конус стратовулкана с обширными пологими подножиями и открытой на юг вершиной. Площадь острова около 150 км², в поперечнике достигает 14×18 км. Вулкан Алаид поднимается с морского дна приблизительно на 3000 м; высота над уровнем моря 2339 м — это высшая точка архипелага. Вулкан относится к наиболее активным на Курилах. Он

действует около 60 000 лет со средним расходом магмы 8 млн т/год, что составляет 10 % от всех курильских вулканов [1, 24]. Крупнейшие извержения произошли в 1793, 1854, 1860, 1933—1934, 1972, 1981 гг. Продуктами извержений являются преимущественно базальты. Большинство исторических извержений происходило из центрального кратера, однако вулкан имеет и побочные конусы, значительная часть которых (22 из 32 конусов) располагается на высоте до 300 м над ур. м. [1]. Последние извержения с излиянием лав (1933—1934 и 1972 г.) произошли в море и на его берегу, поэтому оба являются уникальными — подобных в последние столетия на Курилах и Камчатке не было.

Прорыв 1933—1934 гг. (прорыв Такетоми) произошел в море на расстоянии около 1 км от восточного берега острова. Извержение длилось с 17.11.1933 по август 1934 г. На глубине 20—50 м в результате сильных эксплозий начались отложения пирокластики, которые постепенно сформировали островок. В апреле 1934 г. высота новой суши достигала 130 м; с моря наблюдатели отметили, что в северо-восточной части прорыва происходило истечение лавы в море [27]. В мае высота островка достигла уже 145 м; извержение было очень интенсивным, лава продолжала изливаться. По японским публикациям ход извержения кратко изложил Г. С. Горшков [6], современная библиография представлена в работе [21]. В июне 1934 г. излияния сформировали плато из лавы размером 200×250 м, возвышающееся над уровнем моря на 10—15 м. В августе 1934 г. островок, достигавший 800 м в поперечнике, перестал увеличиваться и начал быстро разрушаться морем. В настоящее время на спутниковых снимках видно, что размер оставшейся части новообразованной суши составляет около 700×380 м, видимая надводная длина лавовых потоков достигает 400 м. Несколько языков потоков излились в восточно-северо-восточном направлении. Очевидно, что потоки бронировали конус прорыва и удержали его за минувшие 80 лет от полного или преимущественного размыва. В настоящее время у подножия конуса сформировались несколько участков травянистой растительности, представленной главным образом злаком *Leymus mollis*.

Размытая пирокластика переотлагалась в виде песчаных кос, постепенно соединив островок с о-вом Атласова. Процесс соединения завершился в основном в 1946 г. Динамика береговой линии показана в работе [18] (рис. 30). На образовавшейся из перемытых отложений суше до начала 1960-х гг. существовали небольшой поселок и рыбокомбинат. Важно, что эта территория (в настоящее время она имеет пределы 1.6×0.6 км) стала заселяться и зарастать как травянистой, так и кустарниковой растительностью. Так, к 2004 г. кусты ольховника начали местами смыкаться, высота их достигла 2—2.5 м. Таким образом, территория около 0.3 км², покрытая формирующимся растительным покровом, является следствием извержения 1933—1934 гг., которое в данном случае было не столько разрушительным, но и созидательным для экосистем острова. Отложения пеплопада за пределами собственно прорыва были небольшими по объему тefры — около 1 млн м³ [18] и, по-видимому, почти не нанесли ущерба растительности побережья.

Извержение 1972 г. Летом 1972 г. на северо-западном склоне вулкана Алайд произошло неординарное извержение. Необычным было положение центра извержения — у подножия вулкана, почти на берегу моря. В результате извержения возникла новая суша, площадь острова увеличилась. На существенной территории погибла растительность. Извержение было изуче-

но вулканологами, но воздействие на экосистемы никогда не изучалось. В 2006 г. мы обследовали район поражения и изучили масштабы поражения растительности: основные факторы, определяющие характер и уровень поражения начавшееся восстановление растительного покрова, а также почвы острова [11].

Извержение произошло в период 18 июня—11 сентября [1]. В ходе извержения на берегу острова образовалась серия взрывных воронок — мааров, поперечник крупнейшей — около 500 м, глубина — до 50 м. Продукты взрыва были вынесены на поверхность в виде разнородного обломочного материала, который отложился на расстоянии нескольких сотен метров от воронок. Затем в одной из воронок образовался центр эксплозивно-эффузивного извержения. В результате извержения вырос шлаковый конус, имевший высоту 80 м и диаметр основания до 500 м. Из конуса на северо-запад вытек крупный лавовый поток. Поток (комплекс потоков) крупнообломочной лавы достиг берега и затем внедрился на 300 м в море, образовав новый, пальчатокруглый в плане, полуостров площадью около 1 км². Второй небольшой лавовый поток вытек с противоположной стороны, обогнув восточный и северный склоны конуса. Тефра выбрасывалась во всех направлениях, но основной ее объем на суше был отложен в северо-восточном направлении, на расстоянии до 5 км. Весь ювенильный вулканический материал (лава и тефра) по петрохимическим особенностям относится к базальтам. Общий объем изверженных вулканитов составил около 150 млн м³, в том числе 100 млн м³ пирокластики [1, 18], вызвав поражение растительности на обширной территории [11].

Лавы, вытекшие из конуса, сформировали комплекс потоков длиной около 1 км, которые внедрились в море, образовав новый полуостров. Мощность лавы достигала 35—60 м, суммарный объем — около 50 млн м³. Темная базальтовая лава состоит в основном из глыб размером до 1—3 м в поперечнике, пересыпанных средне- или мелкообломочным материалом. Мелкообломочный материал в 2006 г. был покрыт на 30—50 % мхами светлых тонов, так что издали поток казался белесым. На глыбах лавы — преимущественно латки мхов, участие лишайников (помимо накипных) незначительно. Сосудистые растения суммарно покрывают не более 1 % поверхности, лишь на осыпях из красноватого выветрелого щебня местами наблюдается покрытие до 5 %. Чаще других встречаются *Pennellianthus frutescens*, *Anaphalis margaritacea*, *Dryopteris expansa*, *Artemisia opulenta*. Единично отмеченный на лаве ольховник в виде небольших кустиков высотой до 0.25 м имел в 2006 г. возраст 12—13 лет. Кустики были приурочены либо к трещинам на глыбах, либо к местам аккумуляции щебнистого мелкозема. Подножия потоков заросли в большей степени; здесь встречены гряды ольховника высотой до 1—1.5 м и частично сомкнутая травянистая растительность.

Для первичной сукцессии на лаве потребуются длительный период. Согласно нашим данным, полученным на Камчатке, этот период может составить 1.5—2 тыс. лет. Положение лавового полуострова в качестве выступающего мыса в холодном море создает здесь жесткий ветровой режим, туманы, забрызгивание соленой водой во время штормов и т. п. Однако новые извержения из центрального кратера Алаида могут создать эффект мелиорации: тефра будет сглаживать неровности лавового потока и создавать присыпками тефры рыхлый субстрат, благоприятный для поселения и укоренения растений.

Вулкан Чикурачки. Вулкан Чикурачки (высота 1817 м) расположен в юго-западной части о-ва Парамушир, это один из трех активных вулканов острова. Является наиболее северным образованием в вулканической цепи хребта Карпинского. Крупный (высшая точка острова) стратовулкан, сложенный лавовыми потоками и покровами пирокластики (бомбы, лапилли). Сильное извержение произошло в 1853 г., было выброшено до 100 млн м³ пирокластики. На расстоянии 25 км к востоку от вулкана она лежит слоем до 50 см [6]. Несколько извержений произошло в XX в. (1958, 1961, 1964, 1973 гг.), самое крупное — в 1986 г.; объем изверженных вулканитов оценивается величиной более 100 млн м³ [3, 20]. Извержение 1986 г. протекало с 19 по 25 ноября. Оно было преимущественно эксплозивным, т. е. основная часть извергнутых материалов была выброшена во время взрывов, выносящих раскаленные вулканиты (газы и тефру — мелкий ювенильный материал: пепел, шлак и др.). Кроме пеплопада, отмечены раскаленные пирокластические потоки, спустившиеся на расстояние более 5 км от кратера, и лавовый поток по юго-восточному склону. Площадь лавового потока составила 0,9 км² при средней мощности около 20 м. Породы тефры и лавы относятся к высокоглиноземистым базальтам. Длина потока была около 2000 м, высотный интервал его расположения — 1650—500 м. Поток почти не задел древесную растительность, медленно формирующуюся на склонах вулкана после извержения 1853 г. Однако ниже его языка, в районе перевала—водораздела между верховьями рек, текущих в охотоморскую и тихоокеанскую сторону, сильно погребенная древесная растительность, от которой в 2000 г. были видны лишь сухие верхушки побегов над поверхностью темной базальтовой тефры, на многие километры являла собой настоящее кладбище стланикового леса.

Вулкан Пик Сарычева. Северо-западная расширенная половина о-ва т.е. Матуа (площадь острова 52 км²) занята активным вулканом Пик Сарычева (высота 1446 м). Склоны вулкана ограничены морем со всех сторон, кроме юго-восточной, где находятся остатки древней вулканической кальдеры. Пик Сарычева — очень активный вулкан; в XX столетии известны около десятка его извержений (Горшков, 1967; Дегтярев и др., 2011). Очень крупное извержение произошло в ноябре 1946 г. Другие довольно сильные извержения XX века произошли в 1928, 1930, 1976 гг. Последствия извержения 1976 г. описаны вулканологами [2].

Характер извержения вулкана — эксплозивный, нередко эффузивно-эксплозивный; продукты извержения — андезибазальты. Большая часть острова, за исключением наиболее удаленной юго-восточной части, покрыта лавовыми потоками. На острове наблюдаются 2 комплекса лавовых потоков: относительно древние потоки, спускающиеся по юго-восточному склону старой постройки, и молодые потоки современного стратовулкана. Возраст древних лав предположительно более 1000 лет, молодых — от нескольких десятков до первых сотен лет. Размещение потоков на острове показано на рис. 32 в книге Г. С. Горшкова [6] (ситуация середины XX в.). Древние потоки, судя по спутниковым снимкам, полностью заросли стланиками и лугами; некоторые из них сохранили типичный рельеф лавовых потоков с выраженными бортами и поперечными валами, другие (более древние) имеют выровненный мезорельеф, пересекаемый лишь руслами водотоков, и сплошной покров стлаников. Молодые потоки спускаются по склонам современного конуса вулкана Пик Сарычева и нередко доходят до моря. Более старые из них (предположительно образованные в XIX в.) к 2009 г. частично заросли стланиковой и травяни-

сто-кустарничковой растительностью. В XX в. излияния крупных потоков, достигших берега моря, были отмечены в 1976 г.

Извержение 1976 г. происходило в период 23 сентября—2 октября 1976 г. [2]. Серией взрывов была разрушена старая лавовая пробка в кратере; непрерывные эксплозии продолжались 3 дня. После окончания эксплозивной деятельности над кратером было замечено свечение, что означало его заполнение лавой. Это подтверждено в ходе облета 1 октября. Кратер был полностью заполнен лавой 2 октября, после чего началось ее излияние в виде трех потоков. Два из них — западный и юго-западный, пройдя 3 и 2.6 км (по горизонтали), достигли Охотского моря. Раскаленные глыбы сваливались в воду и парили; в результате образовались 2 мыса, выдающихся на 40—50 м в море. Северо-западный поток закончил свой путь на склоне. Ширина потоков, по данным вулканологов [2], составила 50—80 м, мощность 10—15 м. Потоки представляли собой нагромождение глыб, некоторые из них достигали 3 м в поперечнике. Были выражены бортовые валы, которые приподняты на 5—7 м над срединной частью потоков. Интересно, что на бортовых валах нижней части северо-западного потока через 27 лет после извержения уже была видна зелень поселившейся растительности.

Непосредственно перед началом извержения 2009 г. кратер вулкана имел диаметр около 350—400 м (измерено по космоснимкам). В 2007 г. затвердевшая лава заполняла его до уровня наиболее низкого северо-западного края [16]. Это разительно контрастирует с ситуациями, наблюдавшимися после извержения 1946 г.: в 1954 г. и в 1960 г. уровень лавы был отмечен на глубине около 200 м [6, 19]; а также в 1976 г. [2], спустя 9 дней после извержения — на глубине 50—70 м (осадка лавы в последнем случае еще продолжалась).

Извержение 2009 г. 12—15 июня 2009 г. на о-ве Матуа произошло мощное эффузивно-эксплозивное извержение, в ходе которого было извергнуто по приближенным оценкам от 150 ± 50 до 400 млн м³ вулканитов [12, 17]. Главная роль здесь принадлежала отложениям шлаковых пирокластических потоков и пирокластических волн [12]. Эти потоки с сопровождающими их пирокластическими волнами, а также отложения мощной грубой тефры превратили конус вулкана в вулканическую пустыню. Если первые двигались по любым понижениям рельефа, в том числе по ложбинам, где ранее прошли лавовые потоки, то отложения пирокластических волн перекрывали все поверхности, включая возвышенные. В результате элементы мезорельефа, как, 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.

Лахары, рожденные пирокластическими потоками, спускались по распадкам на склонах вулкана; наиболее заметный из них, длиной более 4 км, достиг зоны освоенной территории в юго-восточной части острова. Пеплопад умеренной силы вне конуса был небольшим; основная масса пепла, по-видимому, выпала за пределами острова.

Лавовые потоки 2009 г. были обнаружены автором в северо-восточном секторе вулкана на снимках, сделанных с борта Международной космической станции (МКС) 17 и 18 июня. Наблюдались 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-види-

тому, умеренная эксплозивная и эффузивная деятельность вулкана происходили одновременно.

Ранее, в августе 2007 г. А. К. Клитин (личное сообщение) наблюдал, что кратер полностью был занят твердой лавовой пробкой, которая подступала в северо-западном секторе почти к кромке кратера. В кратере до извержения по спутниковым снимкам 2006—2009 гг. (последний 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. 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 кратере после извержения обнажились внутренние стенки, как видно на космоснимке ALOS от 22 июня 2009 г. Судя по ним, при допущении, что угол падения стенок — $70\text{—}75^\circ$ (оно основано на том, что ранее [5, 6, 19] в этом кратере наблюдались «почти отвесные», «отвесные», «вертикальные, даже нависающие» стенки), произошло понижение уровня лавы приблизительно на 200 м.

Изучение космоснимков показало, что северо-восточный поток пошел по глубокой ложбине, возможно, предварительно заполненной отложениями пирокластических потоков, и закончил свое продвижение на 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 светящихся вулканитов, спустившийся приблизительно на 2/3 части северо-восточного склона. Они уверенно определили его как лавовый поток, отметив горящую растительность и темный дым от этого зарева (информацию собрал А. В. Соловьев, участник данной экспедиции). Гореть могли только заросли ольхового стланика. Судя по распределению ольховника в данном месте до извержения, поток к моменту его наблюдения с судна заканчивал здесь свой путь, поскольку заросли встречались только в районе языка потока. Таким образом, к 4 ч утра летнего камчатского времени, (что соответствовало 15:00 UTC (по Гринвичу) 13 июня) излияние северо-восточного потока заканчивалось. Если взять за отсчет старта извержения начало суток 12 июня (11 июня в 00:31 UTC спутником MODIS, по сообщению А. В. Рыбина, выявлена термоаномалия, около 02:30 UTC спутники зафиксировали первый мощный взрыв), то период истекания потока не превышал 40 ч. При известной длине потока около 2.9 км (с учетом крутизны склона) можно рассчитать скорость продвижения лавы — не менее 72 м/ч (1.2 м/мин).

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 наслоением; язык последнего выделяется в месте поворота.

Лавовые потоки были обнаружены автором как на космоснимках, так и на фотографиях, выполненных с моря летом 2009 г. Так, северный поток выявлен на фотоснимках экспедиции ИМГиГ ДВО РАН [17] (съемка Н. Г. Разжигачевой), участники которой 28 июня предприняли маршрут на моторной лодке вдоль западного и северного побережья острова. Северо-восточный поток обнаружен на снимках, выполненных также с моря 21 августа экспедицией камчатских краеведов (съемка Е. М. Верещаги и И. В. Витер). Изображение обо-

их потоков на снимках было низкого качества: цвет потока сливается с цветом окружающих склонов, перекрытых пирокластическими отложениями [13]. Эта лава, вероятно, также частично перекрывалась отложениями пирокластических волн. При этом шлаковые пирокластические потоки и лавовый поток, вероятно, формировались субсинхронно: если верхняя часть лавового потока видна на снимках с МКС вполне отчетливо, то нижняя и средняя части лавового потока видны менее ясно, что предполагает частичное перекрытие его рыхлыми отложениями.

Положение и состояние лавовых потоков ясно показали снимки теплового излучения поверхности острова (ASTER TIR), а также зимние снимки острова. На потоках отсутствовал снеговой покров (снимок спутника Ikonos от 7.11.2009 г.). По измерениям на снимках, сделанных с МКС, длина потоков около 2.1 и 2.4 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 км². Допуская, что эти потоки аналогичны потокам, излившимся в 1976 г. [2], и взяв для расчета ту же мощность (10—15 м), можно оценить объем лавы — около 10 млн м³ (возможно, заметно более широкий северный поток обладает большей мощностью; учитывая это, величина объема может достичь 12—15 млн м³). Расход лавы, если взять период истекания 40 ч и объем лавы 10—15 млн м³, составлял порядка 70—100 м³/с. Эта величина вполне соответствует интенсивности выноса вещества при формировании глыбовых лавовых потоков основного состава.

Лава погребла растительность на склонах. Растительный покров состоял здесь из зарослей субальпийского ольхового стланика, лугов, верещатников и до извержения несомкнутых группировок растений 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 (для сравнения использовалось фото, сделанное с моря А. Б. Белоусовым в 2007 г.), и частично перекрыл ее. Именно здесь происходило выжигание зарослей ольховника, которое наблюдалось 14 июня 2009 г. с судна «Профессор Хромов». В августе 2010 г. автор обследовал язык северо-восточного потока. Ширина языка около 100 м, с крутыми южными бортами высотой до 15 м, обломочно-глыбовой лавой, частично, видимо, перекрытой пирокластическими отложениями. Смежная территория сплошь перекрыта пирокластикой, которая полностью погребла растительность. Следовательно, пирокластические потоки двигались и после выжигания стлаников по пути прохождения лавы. Общая площадь зарослей ольховника, уничтоженного лавовыми потоками, невелика — около 3—4 га. Кроме стланика, были уничтожены участки горных лугов и несомкнутые группировки растений на зарастающих вулканических отложениях прошлых извержений.

Ошибочная информация о лавовых потоках 1946 г. Об извержении 1946 г. имеется небольшое количество свидетельских показаний (главным образом безымянных), собранных С. Н. Главацким и Г. Н. Ефремовым [4], а также в популярной книге Г. Н. Ефремова [15], написанной по результатам экспеди-

ции на Курильские острова летом—осенью 1946 г. Географ Ефремов высаживался на о-в Матуа перед извержением. «Лавовые потоки», «лава» на страницах заметки [4] упоминаются 12 раз. Интересно, что описание «лавы» со слов очевидцев вполне определенно наводит на параллели с извержением 2009 г.: «С началом излияния лавы густое темное облако стало распространяться по южным склонам горы до берега моря ... Раскаленная лава текла с сильным шипением, и от нее выделялось большое количество пара, который мгновенно поднимался клубами вверх. Над потоками лавы ... стояли сплошные облака пара, они смешивались с темной пепловой тучей и быстро поднимались вверх. Лава ... текла со скоростью 3—5 м/сек» [4, с. 10]. Отметим, что указанная скорость «лавы» 1946 г. была приблизительно в 200 раз выше рассчитанного нами темпа движения лавового потока во время извержения 2009 г. [13]. Из этого становится вполне очевидным, что 13 ноября 1946 г. со склонов вулкана сходили отнюдь не лавовые потоки. Это были пирокластические потоки [6]. При этом надо понимать, что в 40-х г. прошлого века даже специалисты не использовали термин «пирокластический поток». Образованным людям были известны понятия, связанные с извержениями вулканов, — лава, пепел, бомбы. Главацкий и Ефремов широко их применяли, излагая наблюдения очевидцев. Данные о протекании извержения 1946 г. явно содержат факты как реальные, так и весьма трансформированные в ходе их изложения не очень образованными наблюдателями. Это были в большинстве своем переселенцы, прибывшие осваивать новые земли, и военнослужащие, также в послевоенную пору в основном малообразованные люди. Степень достоверности изложения можно оценить по одной из фраз: «Состояние речки Хесупо установить пока не удалось; нужно полагать, что она залита лавой» [4, с. 12]. Крохотная речка, единственный постоянный водоток на Матуа, находится в юго-западной части острова, впадает в бухту Айну. Извержение 1946 г., как все остальные извержения XX в., едва задело маломощным пеплопадом район, где протекает речка. Последние столетия эффузивная деятельность вулкана Пик Сарычева ограничивается только склонами его конуса, поэтому ни о каком залипании лавой р. Хесупо не могло быть и речи. Информация из заметки [4] с подробным изложением хода извержения легла в основу данных об этом событии, многократно воспроизведенных в недавних публикациях [14, 22, 26]. Главная ошибка этих пересказов — упоминание о лавовых потоках, якобы изливавшихся в ходе извержения 1946 г.

Краткая, в один абзац, но содержательная информация об извержении 1946 г. приведена в книге Г. С. Горшкова [6]. Горшков работал на Матуа дважды: летом—осенью 1946 г. непосредственно перед ноябрьским извержением и в 1954 г., когда он смог увидеть последствия этого извержения, включая горячие толщи отложений пирокластических потоков. Горшков привел схему острова, включая расположение старых лавовых потоков и зон отложения пирокластиков, а также зон отложений пирокластических потоков («раскаленных лавин»). Схема, без сомнений, выполнена на основе аэрофотоснимков, на которых свежие лавовые потоки специалистом определяются безошибочно. Однако о потоках лавы 1946 г. он не упоминает. Не упоминает о них и Е. К. Мархинин [16], работавший на вулкане в 1960 г. Последний, однако, отметил два молодых потока на западном и юго-западном склонах. Они просматриваются на спутниковых снимках, выполненных до извержения 2009 г. (это, вероятно, результат излияний XIX в.), однако свежих форм рельефа, кроме лавовых потоков 1976 г., не обнаруживается. Таким образом, нет ника-

ких оснований превращать сильное эксплозивное извержение 1946 г. в эксплозивно-эффузивное.

Вулкан Сноу (высота 395 м) Расположен на небольшом о-ве Чирпой (средняя часть архипелага). Последние извержения происходили здесь в 1811, 1879, 1960, 1982 гг. В ноябре 2012 г. по дистанционным материалам Д. В. Мельниковым зафиксировано излияние лавового потока по юго-западному склону вулкана. Поток достиг берега океана; длина его составила около 1.1 км, площадь излияния оценена размером 0.3 км² (www.kscnet.ru/webusers/dvm); по оценке автора данной статьи она, возможно, составила не менее 0.5 км². Поток перекрыл более старые потоки, изливавшиеся, вероятно, в XIX в., и участки более древних образований. Частично они были покрыты лугами и зарослями кустарников; по данным В. Ю. Баркалова (личное сообщение), высаживавшегося на остров, последние представлены ивой Рейна с примесью рябины бузинолистной.

Вулкан Кальдера Заварицкого. В 1957 г. на о-ве Симушир произошло существенное извержение, в ходе которого образовался поток глыбовой лавы. Извержение в период 12—28 ноября имело эксплозивный характер; продукты взрывов засыпали всю внутреннюю поверхность кальдеры слоем отложений мощностью до 10 см [6]. Затем вязкая лава была выдавлена в виде экструзивного купола. После этого менее вязкая лава взломала юго-восточную часть купола и излилась компактным потоком. Она лежит своеобразной округлой «лепешкой» до 300 м в поперечнике, частично (до 100 м) выдаваясь в воды оз. Бирюзового. Данные о растительности в кальдере Заварицкого к 1957 г. отсутствуют; вероятно, древесная растительность там отсутствовала после извержения, произошедшего в двадцатых годах XX в. [6]. Учитывая, что лавовый поток 1957 г. занял территорию, предварительно засыпанную продуктами, вынесенными в ходе взрывов того же извержения, и частично внедрился в акваторию оз. Бирюзового, поражения растительного покрова лавой там не могло произойти.

Отметим, что вязкая андезитовая лава выдавилась также в виде купола при извержении вулкана Креницына (кальдера Тао-Русыр, о-в Онекотан) в 1952 г. Поперечник этого купола составляет около 280 м, основная его часть сильно (~ на 200 м) выдается в акваторию оз. Кольцевого. К настоящему времени на поверхности лавы поселились единичные пионерные растения.

Обсуждение. Надо отметить, что в настоящее время излияния лавовых потоков на Курильских островах — сравнительно редкие события. За минувшие 80 лет они произошли лишь на 5 из 40 активных вулканов Курил. Общая площадь территории, перекрытой лавой, составляет около 4 км². Для голоцена Г. С. Горшков [6] определил площадь лавовых покровов величиной 1255 км², т. е. за столетие лавой перекрывалось в среднем несколько более 10 км². За минувшее столетие размер площади излияний был приблизительно в 2 раза ниже.

Растительность районов поражения представлена стланиками, лугами и верещатниками, а также несомкнутой растительностью разных стадий восстановления. Стланник в районах извержений либо главным образом (Чикурачки) ольховник, либо исключительно ольховник (Алайд, Пик Сарычева). На вулкане Сноу были поражены заросли ивы Рейна и рябины; данные о растительности в кальдере Заварицкого к 1957 г. отсутствуют, вероятно, древесная растительность там отсутствовала после извержения, произошедшего в двадцатых годах XX в. (Горшков, 1967); лавовый поток 1957 г. занял терри-

торию, предварительно засыпанную продуктами, вынесенными в ходе взрывов того же извержения, и частично внедрился в акваторию оз. Бирюзового.

Лавовые потоки полностью уничтожают растительность, создавая новую среду со своим рельефом, геохимическими и гидрологическими особенностями и спецификой крайне медленно формирующихся на новом субстрате почвенного и растительного покровов. Сукцессии на лаве могут длиться тысячелетия [7], однако в условиях высокой активности всех представленных вулканов (особенно это характерно для вулкана Пик Сарычева) их длительность может резко уменьшиться в связи с интенсивной аккумуляцией рыхлых вулкаников на лаве, а также в связи с тем, что количество стадий сукцессии здесь предельно сокращено (травянистые пионерные растения, мхи и лишайники начальной стадии—травянистые, кустарничковые и кустарниковые растения продвинутой стадии—заросли ольховника конечной стадии), причем стадии могут перекрываться. Относительно быстрому зарастанию способствует также сравнительно мягкий морской климат, для которого характерны большое количество осадков и высокая влажность воздуха. Благодаря пересеченному микро- и мезорельефу лавовые потоки имеют множество относительно благоприятных для поселения растений микроэкоотопов. Там может довольно быстро (в течение нескольких десятилетий) формироваться разреженный, а местами и сомкнутый покров (с локальным доминированием лишайников, мхов, кустарничков, травянистых растений).

Лавовые потоки предыдущего периода, XIX столетия, легко обнаруживают себя при изучении дистанционных материалов. Их можно увидеть на вулканах Пик Сарычева, Горящая сопка (о-в Симушир), Сноу, в вулканическом комплексе кальдеры Медвежья (о-в Итуруп). Они, как правило, еще не покрыты растительным покровом, на спутниковых снимках высокого разрешения хорошо выделяется не только рельеф, но и характер материала потоков (осыпи, крупные глыбы), а также отдельные куртины кустарников и пятна травянистой растительности. Однако на особо активных вулканах, как, например, на вулк. Пик Сарычева, происходит быстрое, а в нередки резкое перекрытие лавы многометровыми отложениями пирокластических потоков. В результате элементы мезорельефа, как например лавовые потоки 1976 г. (в северо-западном секторе), стали видны менее отчетливо; их рельеф был частично нивелирован мощными (до нескольких метров) свежими отложениями пирокластических потоков и волн 2009 г. Лавовые потоки XIX в. видны на о-ве Матуа значительно хуже: они перекрывались пирокластическими отложениями и тефрой извержений 1930, 1946, 1976 и 2009 гг., а также тефрой других, менее мощных извержений.

Более древние лавовые потоки, имеющие возраст от нескольких сотен лет до первых тысяч лет (надо отметить, что датировки лавовых потоков на Курилах еще не проводились), широко распространены на многих вулканах Курильских островов. Их можно видеть, например, на вулканах Алаид, Пик Сарычева, Эбеко. Так, на древнем лавовом плато в юго-восточной части о-ва Атласова чередуются невысокие ольховники (до 3 м выс.) и участки высокотравья из *Filipendula camtschatica*, *Urtica platyphylla*, *Senecio cannabifolius* высотой до 2 м. Рельеф слегка пересечен, выходов лавы нет. Судя по сглаженности мезорельефа, потоки очень древние, возраст их оценочно — не менее тысячи лет. На побережье они выклиниваются, образуя лавовые обрывы высотой от нескольких метров до 10—20 м (мыс Лава). На плато находятся и конусы латеральных прорывов, из которых вытекали потоки базальтовой

лавы; они имеют высоту до 50—200 м, покрыты стланиками и высокотравно-вейниковыми лугами. Любопытно, что на этих древних лавовых потоках ольховник, как и кедровый стланик на Камчатке, имеет весьма угнетенный вид, с усыхающей буроватой листвой. В аналогичных условиях на Камчатке на лаве встречается обычно только кедровый стланик [7]. Здесь же его место занял ольховник. На морском побережье размеры его зарослей уменьшаются: диаметр куртин до 3—5 м, высота до 0.5 м, диаметр побегов до 2—3 см. Листья в разгар лета в массе усохшие, цвет буроватый. К центру больших лавовых гряд ольховник крупнее и выглядит более здоровым. Более древние потоки находятся в северо-восточной и других частях острова. Судя по аэрофотоснимкам, рельеф потоков там сглажен, хотя контуры потоков еще угадываются. Растительный покров этих потоков более однороден, в нем абсолютно доминирует ольховник.

Заключая, надо отметить, что лавовые потоки вызывают долговременные последствия в связи с радикальным изменением рельефа, созданием нового, сложного для заселения субстрата и, как следствие, особой длительностью сукцессий. На новых лавовых потоках сукцессия могла бы длиться сотни лет; однако это вряд ли реально в условиях высокой вулканической активности, поскольку сукцессии периодически прерываются очередным извержением. Отметим, что лавовые покровы не только уничтожают предшествующие экосистемы, но и повышают ландшафтное разнообразие территорий, делают вулканические районы более привлекательными, например, для экологического туризма.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 13-05-00686.

Список литературы

- [1] *Авдейко Г. П., Хренов А. П., Флеров Г. Б. и др.* Извержение вулкана Алаид в 1972 г. // Бюл. вулканол. станций. 1974. № 50. С. 64—80.
- [2] *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.
- [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] *Главацкий С. Н., Ефремов Г. К.* Извержение вулкана Пик Сарычева в ноябре 1946 года // Бюл. вулканол. станции на Камчатке. 1948. № 15. С. 8—12.
- [5] *Горшков Г. С.* Вулкан пик Сарычева // Бюл. вулканол. станции на Камчатке. 1948. № 15. С. 3—7.
- [6] *Горшков Г. С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- [7] *Гришин С. Ю.* Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Бот. журн. 1992. № 1. С. 92—100.
- [8] *Гришин С. Ю.* Воздействие вулканических извержений на растительный покров острова Матуа (Курильские острова) // Изв. РГО. 2011. Т. 143, вып. 3. С. 79—89.
- [9] *Гришин С. Ю.* Воздействие на окружающую среду мощного извержения вулк. Пик Сарычева (Курильские острова, 2009 г.) по данным космической съемки // Иссл. Земли из Космоса. 2011. № 2. С. 92—96.
- [10] *Гришин С. Ю.* Кедровый стланик на острове Матуа (Курилы): факторы его выпадения из растительного покрова в XVIII в. и пути появления в XXI в. // Изв. РГО. 2012. Т. 144, вып. 4. С. 51—63.

- [11] *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.
- [12] *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 // *Вестн. ДВО РАН*. 2010. № 3. С. 40—50.
- [13] *Гришин С. Ю., Мелекесцев И. В.* Лавовые потоки (извержение 2009 г.) вулкана Пик Сарычева (центральные Курилы) // *Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2010. № 1. С. 232—239.
- [14] *Дегтярев А. В., Рыбин А. В., Разжигаяева Н. Г.* Исторические извержения вулкана Пик Сарычева (о-в Матуа, Курильские острова) // *Вестн. КРАУНЦ. Серия Науки о Земле*. 2011. № 1. С. 102—119.
- [15] *Ефремов Ю. К.* Курильское ожерелье. М: Гос. изд-во дет. лит. 1951. 223 с.
- [16] *Клишин А. К.* Курильский дневник // *Вестн. Сахалинского обл. краевед. музея*. 2008. № 15. С. 337—353.
- [17] *Левин Б. В., Рыбин А. В., Разжигаяева Н. Г. и др.* Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева—2009» (Курильские острова) // *Вестн. ДВО РАН*. 2009. № 6. С. 98—104.
- [18] *Малеев Е. Ф.* Закономерности формирования вулканогенно-осадочного материала. М.: Недра, 1982. 152 с.
- [19] *Мархинин Е. К.* Вулкан Сарычева // *Бюл. вулканол. станций*. 1964. № 35. С. 44—58.
- [20] *Овсянников А. А., Муравьев Я. Д.* Извержение вулкана Чикурачки в 1986 г. // *Вулканология и сейсмология*. 1992. № 5—6. С. 3—21.
- [21] *Рашидов В. А.* Побочный вулкан Такетоми (о-в Атласова, Курильская островная дуга) // *Геофизические процессы и биосфера*. 2013. Т. 12, № 1. С. 5—13.
- [22] *Рыбин А. В., Чибисова М. В.* Эксплозивное извержение вулкана Пик Сарычева в июне 2009 года // *Вестн. Сахалинского обл. краевед. музея*. 2011. № 17. С. 288—302.
- [23] *Справочник по климату СССР. Вып. 34. Л.: Гидрометеоздат, 1970. Ч. II. 200 с.*
- [24] *Федотов С. А., Иванов Б. В., Флеров Г. Б. и др.* Изучение извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1981 г. // *Вулканология и сейсмология*. 1982. № 6. С. 9—27.
- [25] *Grishin S. Yu.* The boreal forests of north-eastern Eurasia // *Plant ecology*. 1995. Vol. 121, N 12. P. 11—21.
- [26] *Rybin A., Chibisova M., Webley P. et al.* Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles // *Bull. Volcanology*. 2011. Vol. 73, N 9. P. 1377—1392.
- [27] *Tanakadate H.* Morphological development of the volcanic islet Taketomi in the Kuriles // *Proc. of the Imper. Acad.* 1934. Vol. 10, N 8. P. 494—497.

Владивосток
 alaid@bk.ru
 grishin@ibss.dvo.ru
 Биолого-почвенный институт ДВО РАН

Поступило в редакцию
 7 августа 2014 г.