

- [4] Ковальский В. В. Системная организация биогенного цикла химических элементов // Тр. IX Всесоюз. конф. по проблемам микроэлементов в биологии. Кишинев, 1982. С. 3—11.
- [5] Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М., 2003. 195 с.
- [6] Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
- [7] Сборник методик по определению тяжелых металлов в почвах, тепличных грунтах и продукции растениеводства. М., 1998. 97 с.
- [8] СНиП 2.01.28—85. Полигоны по обезвреживанию промышленных отходов. Основные положения по проектированию. М.: Стройиздат, 1985. 35 с.
- [9] Тоцев В. В., Мамаева Л. К. Результаты агроэкологического мониторинга в зонах техногенного воздействия // Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2006 году. Томск: Графика, 2007. С. 95—97.
- [10] Empfehlungen des Arbeitskreises «Geotechnik der Deponien und Altlasten»: GDA/hrgs. Von d. Dt. Fur Erd-und Grundbaue V. Berlin: Ernst, 1993. 115 s.

Томск
andreychickm@yandex.ru

Поступило в редакцию
18 декабря 2009 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 3

© С. Ю. ГРИШИН

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОСТРОВА МАТУА (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

Введение. В середине июня 2009 г. произошло очень сильное извержение активнейшего вулкана Курильских островов — Пик Сарычева, расположенного на о-ве Матуа, в центральной части архипелага (рис. 1). Интерес научной общественности был подогрев оперативной публикацией в Интернете уникальной серии фотоснимков, выполненной в разгар извержения с борта Международной космической станции (МКС). Сильное впечатление производила и другая фотография, выполненная со спутника ASTER/TERRA сразу после извержения: северо-западная половина острова превратилась в вулканическую пустыню [25]. Это неординарное событие напомнило и о других многочисленных извержениях вулкана, только в XX столетии их произошло около десятка. Однако последствия большинства из них для экосистем острова не были изучены. В значительной степени это касается воздействия извержений на растительный покров (РП) — важнейший, весьма динамичный и очень уязвимый компонент экосистем. Растительность острова изучена недостаточно; информации о влиянии вулканических извержений на РП крайне мало, либо она вовсе отсутствует. Цель данной статьи — характеристика основных черт структуры и динамики растительного покрова, влияния вулканизма на РП, а также изменений, произошедших в результате извержения 2009 г. (более детальная характеристика разнообразия РП будет дана в отдельной публикации). Статья основана на полевых работах автора на о-ве Матуа летом 2010 г, а также изучении всех доступных материалов: спутниковых снимков, опросе участников экспедиций, работавших на острове в разные годы, включая 2009 г. [13, 14], большом массиве фотографий из этих экспедиций.

Природные условия о-ва Матуа. Остров представляет собой в плане контур длиной около 12 км, шириной до 6 км и площадью 52 км². Его северо-западную, расширенную половину представляет собой активный стратовулкан Пик Сарычева (высота

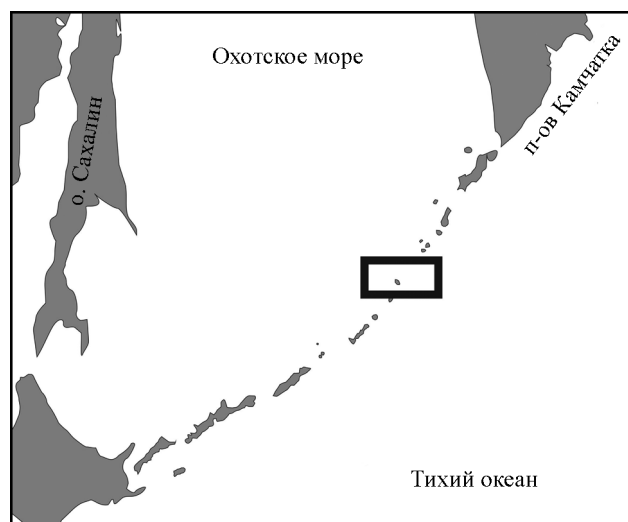


Рис. 1. Район исследований.

1446 м). Склоны последнего ограничены морем со всех сторон, кроме юго-восточной, где находятся остатки кальдеры древнего вулкана. Юго-восточная окраина острова — низкая древняя терраса; такой же рельеф и у примыкающего здесь к Матуга небольшого островка Топорковый. Природа этой низменной террасы была существенно изменена длительным антропогенным воздействием, особенно интенсивным со второй мировой войны до конца XX в. В начале этого периода здесь возводились различные бетонные сооружения, преимущественно военного назначения, включая две взлетно-посадочные полосы. На острове находился крупный гарнизон японских войск, подвергавшийся в 1944—1945 гг. бомбардировкам американской авиации. С 2000 г. остров необитаем.

Генезис рельефа вулканического острова отражен в работе Г. С. Горшкова [5]. Активность вулкана кратко рассмотрена в работах Г. С. Горшкова и Е. К. Мархинина [4, 5, 16]. Крупные извержения в XX в. происходили, по-видимому, 1 раз в каждые 2—3 десятилетия. К крупнейшим за исторический период относятся извержения, произошедшие около 1760, в 1930, 1946 гг., и последнее извержение 2009 г. По «горячим следам» описано небольшое эруптивное событие 1960 г. [16], а умеренное извержение 1976 г. наблюдалось специалистами [1]. По характеру извержения вулкана — эксплозивные, часто эффузивно-эксплозивные; продукты извержения — андезибазальты. Извержения последнего столетия продолжались от нескольких часов до нескольких дней. Важнейшим результатом сильных эксплозивных извержений было образование пирокластических потоков, мощные отложения которых вскрываются на побережьях острова.

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 [5] (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, рассекаемый 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 травянисто-кустарничковой растительностью.

Для острова характерен холодный климат северных Курил: с высоким количеством осадков, преобладанием облачности и частых туманов, постоянных и сильных ветров [20]. Хотя зима сравнительно мягкая (среднемесячная температура января равна -6.3°), лето холодное: температура наиболее теплого месяца (август) — всего 10.9° . Соответственно показатели теплообеспеченности в вегетационный период очень низкие: сумма среднесуточных температур выше 10° равна 406° (наиболее низкий показатель для Курил), а тепловой индекс Т. Кира равен 13.8° , что говорит о том, что условия для роста деревьев находятся здесь ниже предельно возможных ($K_{Kira} = 15^{\circ}$). Осадков выпадает 1223 мм/год, при этом в теплый период (июль—октябрь) их среднее количество (129 мм/мес) значительно выше, чем в остальные месяцы (89 мм/мес). Отметим, что метеостанция находилась на продуваемой низменности, где часты выносы морских туманов. Вероятно, на склонах (100—300 м над ур. моря) условия более благоприятны: выше инсоляция, меньше сказывается охлаждающее влияние моря, реже бывают туманы.

Почвы о-ва Матуа не изучались. В разрезе почвенно-пирокластического чехла, выполненного на террасе в юго-восточной части острова [22], в пределах верхних 1.5 м видно чередование достаточно мощных слоев пирокластики (до 25 см), перемежаемых маломощными прослоями погребенных почв. Верхний слой пирокластики (мощность 14 см), представленной лапилли черного цвета, лежит под современной почвой (ее мощность также 14 см).

Растительный покров острова. Первые сведения о растительном покрове Матуа приведены в донесении казачьего сотника И. Черного от 1769 г. [18]. Он сообщил: «Лесу, кроме кедрового сланца, ольховника и рябинника небольшого, нет» ([18], с. 135). РП острова кратко рассматривался в работе японского геоботаника М. Татевати, который поднимался на вулкан по восточному склону в 1928 г. [23]. Он дал краткий перечень основных сообществ и группировок растений острова, зафиксировал, что заросли ольховника распространены до высоты 400 м и лучше развиты на юго-восточном и южном склонах вулкана. М. Татевати отметил молодость сообществ вулкана; также ему показалось примечательным отсутствие кедрового стланика (*Pinus pumila*) на острове.

Маршруты участников международных экспедиций за последние 15 лет ограничивались высадками в низменной юго-восточной части острова, недалеко от бывших поселков; изучалось в основном биологическое разнообразие. Выявлено, что флора сосудистых растений явно обеднена; всего насчитывается 214 видов растений, что на 50 видов меньше, чем на соседнем о-ве Расшуа [2]. Самая существенная черта РП: на Матуа отсутствует важнейший доминант растительности северных и центральных Курил — кедровый стланик, а также береза каменная (*Betula ermanii*), распространенная на лежащих к югу островах, начиная от находящегося в менее чем 30 км о-ва Расшуа.

Экосистемы острова выражены в пределах двух генетически различных вулканических комплексов: 1) останки древней (позднеплейстоценовый-голоценовый) кальдеры, 2) молодой (предположительно позднеголоценовый) конус стратовулкана. Последний занимает северо-западную половину острова. Экосистемы молодого стратовулкана Пик Сарычева никогда не изучались, в ходе извержения 2009 г. они в основном были уничтожены мощным воздействием пирокластических потоков, и судить о них можно только по дистанционным данным (материалам аэрофотосъемки и спутниковым снимкам), а также единичным фотоснимкам и наблюдениям, выполненным участниками различных экспедиций. Стланики до 2009 г. были представлены отдельными участками (до 1—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. Предположительно во многих местах это были злаковые (леймусовые и вейниковые) луга. Более успешно зарастали лавовые потоки: за счет пересеченного микро- и мезорельефа они имели множество относительно благоприятных для поселения растений микрозкоптов. На молодом конусе вулкана, сплошь покрытом шлаком и бомбами,

в 2007 г. почти до вершины (до 1390 м) были отмечены разреженно растущие травянистые растения — камнеломка Мерка (*Saxifraga merkii*) и пеннелиант кустарниковый (*Pennellianthus frutescens*) [15].

Остатки древнего кальдерного комплекса примыкают к конусу с юго-востока и частично опоясывают конус стратовулкана (в пределах сектора 355—190°). Растительный покров этой, юго-восточной, половины острова располагается в пределах нескольких ландшафтно-поясных образований. Снизу вверх здесь выделяются скалы и пляжи побережий, приморские террасы, а также пологие склоны более древнего вулканического комплекса, смыкающиеся с конусом активного вулкана.

Скалы и пляжи побережий покрыты частично сомкнутой растительностью, характерной для всей береговой зоны Курил. Так, на пляжах это куртины гонкении и мертензии, заросли леймуса (*Honckenya oblongifolia*, *Mertensia maritima*, *Leymus mollis*). На приморских террасах доминируют луга и низкие стланики. Состав лугов меняется от вейниковых (*Calamagrostis langsdorffii*) и вейниково-разнотравных до сырых осоковых, а также луготундр и шикшевников (доминирует *Empetrum sibiricum*), местами фрагментов высокотравья и куртин белокопытника (*Petasites japonicus*).

Растительность террас была в наибольшей степени изменена человеком, главным образом многотысячным японским гарнизоном в период второй мировой войны. Изменен был в определенной степени и рельеф — преимущественно фортификационными сооружениями (глубокими противотанковыми и повсеместно обычными окопами) и другими долговременными оборонительными укреплениями. Массивы ольховника здесь в основном вторичны: судя по аэрофотоснимкам 1945 г., на большей части приморской низменности они были вырублены и восстановились в последующие десятилетия.

Большая часть склонов в пределах 100—700 м над ур. моря занята древними (возраст предположительно более 1000 лет) лавовыми потоками. На них располагаются заросли лугов и, главным образом, стлаников. Стланики представлены преимущественно ольховником, с некоторым участием кустарниковой рябины *Sorbus sambucifolia*. Куртины последней также окаймляют верхний предел пояса стлаников, экологически замещающая кедровый стланик. По данным японских и российских ботаников, считалось, что *Pinus pumila* в растительном покрове отсутствует [2, 23], однако летом 2010 г. этот вид впервые был обнаружен на острове (см. далее). Сообщества ольховника сходны с описанными ранее на северных островах [10] ольховниками папоротниковыми (*Dryopteris expansa*), вейниковыми (*Calamagrostis langsdorffii*), высокотравными. Последние с доминированием под пологом лабазника камчатского (*Filipendula camtschatica*) приурочены к местам повышенного увлажнения. Узловой ассоциацией зрелых сообществ является ольховник папоротниковый. Это крупные заросли, обычно сомкнутые, растущие на склонах; высота их до 4—5 м, диаметр основания стволов до 15—20 см; почвенный горизонт отчетливо выражен. Вейниковые ольховники, по-видимому, в значительной мере являются серийными — сообществами периода становления. Размеры зарослей здесь, как правило, менее крупные (высота 2—4 м, диаметр оснований — около 10 см) и они не всегда сомкнуты; почвы часто примитивные, фрагментарно выраженные, на отложениях тефры.

Выше пояса стлаников располагалась кайма горных лугов, преимущественно несомкнутых, расположенных на скелетных почвах, сформированных грубой пирокластикой (лапилли, крупный песок). В составе покрова этих лугов, высотой около 20—30 см, отмечены *Parageum calthifolium*, *Solidago paramuschirensis*, *Aruncus dioicus*, *Pennellianthus frutescens*, *Phyllodoce aleutica*, *Salix* sp. и др.

По дистанционным данным (спутниковые снимки ASTER/TERRA) определены верхние пределы растительности до извержения 2009 г. (рис. 2). Максимальных отметок (900 м) растительность (травяно-кустарничковая, часто разреженная) достигала на южном склоне, а минимальных (около 350 м) — на северо-восточном и юго-западном склонах. Максимальные пределы сплошных зарослей ольховника достигали 500 м на юго-восточном склоне. После извержения здесь произошло снижение границ стланика до 400 м. На южном склоне, как было установлено при маршрутном обследовании

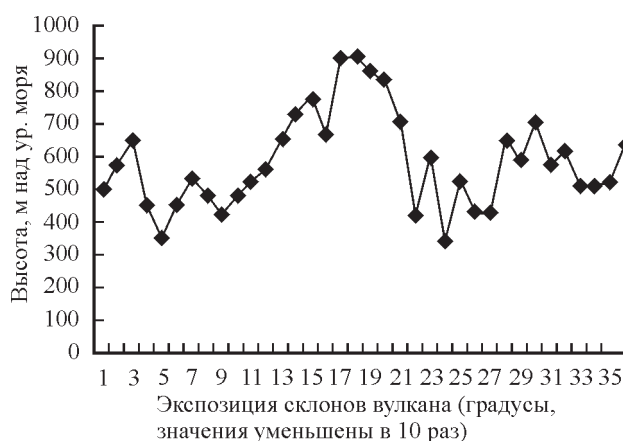


Рис. 2. Положение верхнего предела растительного покрова (главным образом разреженной горно-луговой растительности) на склонах вулкана Пик Сарычева до извержения 2009 г. Азимуты даны в градусах (90° соответствует восточному склону вулкана, 180° — южному, и т. д.). Измерено по спутниковому снимку ASTER/TERRA от 5.09.2001, загруженному в Google Earth.

2010 г., отдельные кусты ольховника выжили до высоты 770 м, а верхний предел живых растений (пеннелиант кустарниковый) зафиксирован на высоте 860 м.

Динамика растительного покрова под воздействием вулканизма. Вулкан Пик Сарычева — один из наиболее активных вулканов Курильских островов. Вулканические проявления его деятельности разнообразны и в разной степени влияют на растительный покров: от глубокой трансформации экосистем с полным уничтожением РП в результате катастроф и последующим многовековым восстановлением растительности и почв до частичного повреждения РП и перехода современной почвы, перекрытой свежей пирокластикой, в разряд погребенного горизонта сложного слоистого профиля почвенно-пирокластического чехла. Рассмотрим наиболее масштабные вулканические явления, глубоко воздействовавшие на РП острова.

Пирокластические потоки. Пирокластические потоки представляют собой смесь раскаленных газов и ювенильной пирокластики, возникающих в результате обрушения краевых частей эруптивных колонн; подобно лавинам, потоки с большой скоростью сходят по понижениям в рельефе, перекрывая своими высокотемпературными отложениями подножия вулканов. Потоки сопровождают пирокластические волны — турбулентные потоки из смеси раскаленных газов и пепла, пронесшиеся с большой скоростью над поверхностью земли вне зависимости от рельефа и обжигающие все на своем пути. В 1946 г. (перед извержением) Пик Сарычева обследовал Г. С. Горшков [5], который отметил мощные отложения старых пирокластических потоков на побережьях, а также то, что на склонах действующего конуса РП почти отсутствует. Е. К. Мархинин [16], изучая последствия небольшого извержения 1960 г, также отметил, что конус свободен от растительности, а нижние склоны местами заросли травяной и кустарниковой растительностью, причем местами ольховник сожжен или опален. Очевидно, это был эффект недавнего мощного извержения 1946 г. В 1954 г. Г. С. Горшков отметил, что отложения 1946 г. были горячими и на них действовали фумаролы [5]. В 1976 г. вулканологи наблюдали и изучили умеренное эксплозивно-эффузивное извержение, во время которого пирокластические потоки и волны («газово-пепловые лавины») прошли по северо-западным и западным склонам конуса. Ширина зоны их воздействия достигала 400—500 м; по пути их следования были «выжжены и покрыты пеплом и мелким обломочным материалом трава и кусты» [1].

Лавовые потоки. Лавовые потоки полностью уничтожают РП, создавая новую среду со своим рельефом, геохимическими и гидрологическими особенностями и спецификой крайне медленно формирующихся на новом субстрате почвенного и расти-

тельного покровов. Сукцессии на лаве могут длиться тысячелетия [6], однако в условиях очень высокой активности вулкана Пик Сарычева их длительность может резко уменьшиться в связи с интенсивной аккумуляцией рыхлых вулканитов 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 имели множество относительно благоприятных для поселения растений микроэкоотопов. Там мог довольно быстро (в течение нескольких десятилетий) формироваться разреженный, а местами и сомкнутый покров (локально доминировали лишайники, мхи, кустарнички, травянистые растения). Так, зеленый цвет растительности ясно виден на бортах нижней части лавового потока 1976 г. (северо-западный сектор вулкана) на фото 2003 г. [24].

Пеплопады. Последние наблюдавшиеся пеплопады (1946, 1976, 2009 гг.) оставляли в юго-восточной части острова отложения тефры небольшой мощности — до 1—2 см [1, 13]. В историческое время особо мощный пеплопад был отмечен в начале 1760-х гг. И. Черный в своем донесении отметил: «Сопка ... в недавних годах преужасно горела, причем по всему острову разметало камня...» ([18], с. 135). Важное дополнение об о-ве Топорковом, расположенном в 6—7 км от кратера, свидетельствующее о силе извержения: «И островок выгорел, и потому, как и на большом, по нем разметало камня...» (там же, с. 136). По-видимому, слой тефры (темные лапилли) мощностью 14 см в упомянутом выше профиле относится именно к этому извержению. За 2.5 столетия горизонт уплотнился, сразу после выпадения мощность его была около 20 см. Ближе к вулкану мощность отложений тефры увеличивается, на высоте 200—300 м она может превышать 50 см (по измерениям автора данной статьи). Согласно источникам XVIII в. [4], остров после извержения 1760 г. опознавался мореплавателями по его черному цвету. Это значит, что весь остров был перекрыт темной тефрой; вероятно, при этом был в значительной мере уничтожен покров стлаников, включая луговые и иные растительные сообщества. Сам Г. С. Горшков отмечал в 1946 г. [4], что «вся поверхность острова (речь идет, по-видимому, только о конусе вулкана Пик Сарычева. — С. Г.) покрыта многометровым слоем черных лапилли...» (там же, с. 3). Извержения такого масштаба не были уникальными: в профиле можно увидеть и более мощные горизонты. По-видимому, эти эпизодические катастрофы опустошали остров, уничтожая основную часть РП и погребая почвы, сформировавшиеся на предыдущих отложениях.

Воздействие газовых эмиссий. На фотоснимках, сделанных участниками экспедиции 2007 г. снизу (от района бывшего поселка) и сверху (с вершины вулкана), на юго-восточном склоне отчетливо виден пояс сухого или потерявшего листву ольховника. Вероятно, это следствие газовых выбросов (SO_2 и др.) из кратера вулкана. Вынос газа стек вниз по склону и, вероятно, смешавшись с туманом, образовал кислотное облако, которое и привело к гибели заросли ольховника. Судя по фото краеведческой экспедиции 2009 г., они остались мертвыми и 2 года спустя после выбросов, так как выше этих погибших зарослей (ближе к конусу) видны заросли с поврежденной (усохшей, побуревшей) листвой — явно следствие июньского извержения. Выделяются два массива пострадавшего ольховника, суммарной площадью около 1.5 км² (измерено по космоснимку 2007 г.). Такого рода воздействия газов на РП — довольно редко фиксируемые события. Они были отмечены на вулкане Августин (Аляска) в 2006 г., на вулкане Миякодзима (Япония) в 2000 г., на вулкане Кудрявый (о-в Итуруп, Курилы) в 1995 г. [19]. Не исключен, однако, и другой вариант поражения растений: вынос CO_2 через глубинные трещины в почву и воздействие на ольховник через корневые системы, как это было выявлено в Калифорнии [21].

Извержение 2009 г. как пример периодической экологической катастрофы на острове. Первые данные об извержении появились из анализа фото, сделанных из кос-

моса, а также фото и наблюдений четырех различных экспедиций, побывавших в районе о-ва Матуа летом 2009 г. К началу извержения природа острова находилась в фазе перехода от весны (склоны вулкана) к лету (подножия вулкана). 12—15 июня произошло мощное эффузивно-эксплозивное извержение, в ходе которого было извергнуто оценочно около 150 ± 50 млн м³ вулканитов, основную часть которых (более 1/2) составили отложения пирокластических потоков; коэффициент explosивности равен 0.9—0.95 [13]. Эти потоки с сопровождающими их пирокластическими волнами, а также отложения тефры превратили конус вулкана в вулканическую пустыню [25]. Наиболее интенсивно (по объему продуктов и длине прохождения) пирокластические потоки низвергались на западные (от юго-запада до северо-запада) и северо-восточные склоны вулкана. Отложения пирокластических потоков внедрились в море, образовав новую сушу (рис. 3). На трех участках береговая линия отодвинулась на 400 м, на многих других — на меньшие значения, увеличив площадь острова на 1—1.5 км². Фотографии участников экспедиций 2009 г. показали, что почти все склоны вулканов были перекрыты пирокластическими отложениями, которые обильно парили на побережье. Живая растительность в виде зарослей ольховника на крутых склонах побережья была представлена только на отдельных небольших участках; ольховник зеленел, но, как правило, был сильно «припудрен» пирокластикой.

Потоки сопровождались раскаленными пирокластическими волнами. Если первые двигались по любым понижениям рельефа, в том числе по ложинам, где ранее прошли лавовые потоки, то волны перемещались по любым поверхностям, включая возвышенные. В результате элементы мезорельефа, как например лавовые потоки 1976 г. (в северо-западном секторе), стали видны менее отчетливо; вероятно, их рельеф был частично нивелирован мощными (до нескольких метров) свежими отложениями потоков и волн. Пирокластические потоки полностью погребли растительность на склонах, тогда как газово-песчаные волны обугливали и обдирали стволы ольховника, оставив на ряде склонов обширные массивы мертвых зарослей. Мощность отложений волн, как было изучено недавно на вулкане Шивелуч [9], коррелирует с уровнем разрушительного воздействия. Интенсивный (возможно, неоднократный) термический и меха-



Рис. 3. Основные ландшафтные изменения в результате извержения 2009 г.

1 — зона вулканической пустыни (шлаковые поля и лавовые потоки) на конусе вулкана Пик Сарычева до июня 2009 г.; 2 — граница между зонами преимущественно уничтоженного (А) извержением 2009 г. и в основном сохранившегося (Б) растительного покрова; 3 — лавовые потоки 2009 г.; 4 — новые территории, образованные отложениями пирокластических потоков извержения 2009 г.; 5 — о-в Топорковый. Выполнено на основе спутникового снимка ASTER/TERRA от 30.06.2009.

нический удар, а также химическое отравление и частичное погребение горячим материалом привели к гибели заросли стланика.

17 июня склоны конуса были полностью перекрыты вулканитами. На снимках с МКС, выполненных 17 и 18 июня, отчетливо выделились лавовые потоки на северо-восточном и северном склонах. Северо-восточный поток закончил свое продвижение на высоте около 220 м, а северный остановился на высоте 430 м. Ширина потоков около 100—150 м, длина — около 2.1 и 2.4 км (в горизонтальной проекции), площадь излияний — 0.8 км² [11, 13]. Лава погребла растительность на склонах, главным образом несомкнутые группировки растений на зарастающих вулканических отложениях прошлых извержений и участки горных лугов. Общая площадь зарослей ольховника, уничтоженного лавовыми потоками в нижней части склонов, невелика — около 3—4 га.

Пеплопад умеренной силы вне конуса был небольшим: мощность отложений от 1—2 см на юго-восточной окраине острова и до 3—5 см на склоне вулкана (высота 600 м). Основная масса тефры, по-видимому, выпала за пределами острова. В этих условиях пеплопад не нанес существенного ущерба растительности.

Лахары, рожденные взаимодействием пирокластических потоков и обширных снежников, сошли по склонам вулкана; крупнейший из них, длиной более 4 км, узким (ширина около 50 м), но мощным потоком прошел по распадку ручья, сметая грязевой массой стланиковую растительность по бортам русла, и достиг своим конусом выноса взлетно-посадочной полосы в юго-восточной части острова.

Обсуждение. В целом для РП острова характерны состав и структура растительности северных Курил, причем в редуцированном варианте: РП состоит из покровов субальпийского ольхового стланика, лугов, верещатников и несомкнутых группировок растений на вулканических отложениях [8, 10]. Самая существенная черта распределения РП — асимметрия и фрагментарность пояса стланиковой растительности. До извержения 2009 г. стланики были выражены сплошным массивом к юго-востоку от конуса и на его восточных и северо-восточных подножиях. Этот массив занимал площадь около 24 км². По аэрофотоснимкам и топокартам, выполненным начиная с 1940-х гг., можно судить о том, что, несмотря на очень сильные извержения 1930, 1946, 2009 гг., а также менее мощные извержения (1976 г. и др.), основные черты растительного покрова остались без изменений.

Факт отсутствия в РП кедрового стланика, известный с XIX в. россиянам и японцам, вступает в противоречие с донесением И. Черного [18], который прямо указывал на присутствие «сланца» на острове, в том числе выживание его после катастрофического извержения 1760 г.: «...ныне ... сланца несколько имеется, но весьма мало...» ([18], с. 135). По-видимому, после катаклизма XVIII в. он встречался только на юго-восточной окраине острова, затем исчез в течение столетия — либо погиб после других извержений, либо был истреблен на топливо (эта окраина острова являлась традиционным местом поселений с древних времен, судя по артефактам в разрезах, и до конца XX в.). Отметим, что кедровый стланик заметно менее устойчив к пеплопадам, чем ольховник [6—8, 10], и в результате он отсутствует и на других активных вулканах Курил — Алаиде (о-в Атласова), вулкане Креницына (о-в Онекотан), крайне редок в районе вулкана Чикурачки (о-в Парамушир). Не исключена еще одна причина гибели остатков зарослей хвойного стланика, уцелевших после мощного пеплопада XVIII в., — химическое поражение газовыми эмиссиями вулкана. Пример гибели ольховника на большой территории дан выше. Из исследований поражения растений техногенными эмиссиями известно, что сосны сильно в сравнении с лиственными породами повреждаются выбросами двуокиси серы. В итоге основа РП о-ва Матуа последние, по крайней мере, полтора столетия состоит из ольхового стланика — быстрорастущего вида, адаптированного к суровому климату северных Курил и периодическим пеплопадам, в том числе достаточно мощным. Так, пеплопад 2009 г. нанес незначительный ущерб РП.

В ходе полевых работ летом 2010 г. кедровый стланик был впервые обнаружен на о-ве Матуа; автором описана молодая куртинка, возраст которой около 10 лет, в

юго-восточной части острова, на древнем лавовом потоке, на высоте около 90 м. Это говорит о возможности эпизодического заноса семян с соседних островов, вероятнее всего, по мнению орнитолога В. А. Нечаева (личное сообщение), кедровками *Nucifraga caryocatactes*.

Современный РП острова в позднем голоцене подвергался нескольким видам вулканического воздействия, определившим долговременную пространственную структуру растительности. Это лавовые и пирокластические потоки, а также пеплопады. Они действуют по-разному на РП и вызывают различные последствия. Лавовые потоки вызывают наиболее долговременные последствия в связи с радикальным изменением рельефа, субстрата и как следствие особой длительностью сукцессий. Хотя сукцессии на лаве протекают как крайне длительные [6], однако в условиях очень высокой активности вулкана Пик Сарычева их длительность потенциально может резко сократиться в связи с интенсивной аккумуляцией рыхлых вулканитов на лаве, а также тем, что количество стадий сукцессии здесь предельно сокращено. На древних потоках (возраст оценочно более 1000 лет) сформировался коренной растительный покров, на более молодых потоках (на склонах стратовулкана) шли сукцессии, прерываемые периодическими сильными извержениями, отложения которых перекрывали постепенно большую часть поверхности потоков. В настоящее время излияния лавовых потоков на Курильских островах — сравнительно редкие события. За последнее столетие они отмечены, кроме вулкана Пик Сарычева, лишь на двух других активнейших вулканах Курил — Алаид (о-в Атласова) и Чикурачки (о-в Парамушир) [3, 12, 17].

Пирокластические потоки и волны формировались во время очень сильных извержений, подобно последнему (2009 г.), и приводили к полному уничтожению РП вдоль трасс схода потоков. Ориентированность прохождения пирокластических потоков связана, по-видимому, с конфигурацией кратера и структурой старой кальдерной постройки, останки которой выражены на южном и восточном склонах вулкана. Благодаря постоянной ориентации схода потоков по склонам северо-западной половины вулкана (и склонам примыкающих секторов) возникла асимметрия структуры воздействия на экосистемы вулкана и в связи с этим асимметрия РП и ландшафтов острова. Периодические катастрофы уничтожают в той или иной мере РП северо-западной половины острова, после чего он частично восстанавливается в зависимости от сочетания условий — степени нарушенности, благоприятности субстрата (для протекания сукцессий), повторяемости последующих умеренных и маломощных воздействий. РП регулярно повреждается в определенных секторах — путях схода пирокластических потоков и лахаров. При этом успешней РП восстанавливается в секторах, где выделяются положительные элементы мезорельефа, например на узких полосах лавовых потоков, спускающихся радиально от кратера к побережьям. Здесь в течение по крайней мере нескольких десятилетий между сильными извержениями складывается комплекс условий, благоприятных для протекания сукцессий.

Третий фактор катастрофического вулканического воздействия на РП острова — пеплопады — действует также регулярно; особо мощные пеплопады, подобно извержению около 1760 г., происходили, по-видимому, с интервалом несколько сотен лет. Пеплопады такого масштаба, оставляющие на юго-восточной окраине отложения мощностью 20—25 см, а на склоне вулкана, на верхней границе стланиковой растительности, вероятно, не менее 1 м, приводят стланиково-луговой РП к гибели на склонах и к сильному повреждению на окраине острова. РП после мощных пеплопадов восстанавливался оценочно в течение 1—3 столетий. По нашим данным, при других летнее-осенних извержениях (Алаид, 1972 г.; Толбачик, 1975 г.; Чикурачки, 1986 г.) ольховник погибал при отложениях базальтовой тефры мощностью 30—35 см. В определенных условиях, например, когда он был укрыт снежным покровом (Алаид, 1981 г.), ему удавалось выживать и после выпадения 65 см грубого шлака. Однако на склонах вулкана Пик Сарычева близ верхнего предела стланиковой растительности выпадение даже 10—20 см тефры могло усиливать эффект воздействия пирокластических волн и приводить к масштабной гибели зарослей ольховника.

Извержение 2009 г., возможно, было сходно по мощности и объемам продуктов с другими крупными эруптивными событиями вулкана в XX в. (1930, 1946 гг.), но, вероятно, уступало масштабами воздействия на среду особо мощному катаклизму начала 1760-х гг. Тем не менее за последнее столетие это одно из крупнейших извержений на Курильских островах, по площади поражения РП (в пределах 25—30 км²) оно уступает только сопоставимому по объему пироклаستيку извержению вулкана Чикурачки в 1986 г. [3], превосходя по этому показателю такие крупные извержения, как вулкан Севергина (1933 г.), вулкан Алаид (1972, 1981 гг.), вулкан Тятя (1973 г.) [7, 12]. В отличие от относительно безопасных извержений базальтовых вулканов (Алаид, Чикурачки, Тятя) извержения андезибазальтового вулкана Пик Сарычева потенциально весьма опасны своим взрывным характером и особенно пирокластическими потоками. По этим крайне разрушительным проявлениям вулкан сходен с самыми опасными андезитовыми вулканами региона — Севергина (о-в Харимкотан), Шивелуч и Безымянный (Камчатка). Извержение стало не только катастрофой для биотических компонентов экосистем вулкана, но и полностью погребло или сделало ограниченно доступными для растений почвенные ресурсы на огромной территории (почти половине острова), существенно изменило геохимию среды, а также в определенной степени рельеф склонов вулкана и характер береговой линии, увеличив площадь острова.

В ходе извержения 2009 г. на РП действовали пирокластические потоки и сопровождающие их пирокластические волны, лахары, лавовые потоки и пеплопад. Вклад в разрушение РП этих проявлений вулканизма был различным: наиболее масштабно и уничтожающе действовали пирокластические потоки, погребавшие мощными раскаленными отложениями большие территории. Восстановление растительности до состояния, наблюдавшегося перед извержением, может занять нескольких десятков лет на склонах, сформированных старыми лавовыми потоками и перекрытых маломощными (доли метра) свежими рыхлыми отложениями. На новых лавовых потоках и мощных (многометровых) отложениях пирокластических потоков сукцессия могла бы длиться сотни лет, однако это вряд ли реально в условиях крайне высокой вулканической активности, поскольку сукцессии периодически прерываются очередным извержением и разреженный РП, по-видимому, на данном этапе развития вулкана не сможет сформироваться в развитую, зрелую растительность.

В какой степени постоянно действующий вулканизм изменил РП острова? В рамках данного исследования выполнено сравнение высотного положения верхнего предела древесной растительности на 7 наиболее активных вулканах Курил (Алаид, Эбеко, Чикурачки, Севергина, Пик Креницына, Пик Сарычева, Тятя; для корректности сравнения учтены вулканы, высота которых превышает 1000 м). Проведенное на основе измерений по спутниковым снимкам, оно показало, что наиболее низкое положение этого предела (400 м) отмечается именно у вулкана Пик Сарычева, притом что потенциально оно могло бы достигать 1000 м. Этот простой показатель отразил интегральное влияние вулканизма и свидетельствует о режиме максимально интенсивного вулканического воздействия на РП о-ва Матуа. Кроме снижения верхнего предела РП, наблюдаются постоянно существующая асимметрия растительности, а также обеднение разнообразия РП, включая флору. Динамичная растительность острова регулярно испытывает поражения разного масштаба и глубины, но в определенной мере адаптировалась к этим катастрофам, достаточно быстро восстанавливая сомкнутый покров на большей части территории о-ва Матуа.

Автор признателен коллегам, участникам экспедиций разных лет на о-в Матуа, от которых получены фотографии и определенная информация о природе острова, это В. Ю. Баркалов, А. Б. Белоусов, Е. М. Верещага, И. В. Витер, А. К. Клитин, Н. Г. Разжигаяева. Аспекты вулканизма обсуждались с О. А. Гириной и И. В. Мелекесцевым.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 10-05-01015.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Андреев В. Н., Шанцер А. Е., Хренов А. П. и др. Извержение вулкана Пик Сарычева в 1976 г. // Бюл. вулк. ст. 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 Чикирачки (о-в Парамушир, Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 3. С. 15—34.
- [4] Горшков Г. С. Вулкан Пик Сарычева // Бюл. вулк. ст. на Камчатке. 1948. № 15. С. 3—7.
- [5] Горшков Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- [6] Гришин С. Ю. Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Ботан. журн. 1992. № 1. С. 92—100.
- [7] Гришин С. Ю. Крупнейшие вулканические извержения XX столетия на Камчатке и Курильских островах и их влияние на растительность // Изв. РГО. 2003. Т. 135. Вып. 3. С. 19—28.
- [8] Гришин С. Ю. География растительного покрова Курильских островов (к карте растительности архипелага) // Изв. РГО. 2008. Т. 140. Вып. 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., Баркалов В. Ю. Растительный покров северных Курил // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 3. С. 61—69.
- [11] Гришин С. Ю., Мелекесцев И. В. Лавовые потоки (извержение 2009 г.) вулкана Пик Сарычева (центральные Курилы) // Вестн. КРАУНЦ. Сер. Науки о Земле. 2010. № 1. С. 232—239.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [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] Клитин А. К. Курильский дневник // Вестник Сахалинского музея: Сахалинский обл. краевед. музей. 2008. № 15. С. 337—353.
- [16] Мархинин Е. К. Вулкан Сарычева // Бюл. вулк. ст. 1964. № 35. С. 44—58.
- [17] Овсянников А. А., Муравьев Я. Д. Извержение вулкана Чикирачки в 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5/6. С. 3—20.
- [18] Русские экспедиции по изучению северной части Тихого океана во второй половине XVIII в. Сб. документов. М.: Наука, 1989. 400 с.
- [19] Соловьев А. В. Экспедиция в кальдере Медвежья // Вестник Сахалинского областного краеведческого музея. 1995. № 1. С. 163—167.
- [20] Справочник по климату СССР. Вып. 34. Л.: Гидрометеиздат, 1970. Ч. 2. 200 с.
- [21] Farrar C. D., Sorey M. L., Evans W. C. et al. Forest-killing diffuse CO₂ emission at Mammoth Mountain as a sign of magmatic unrest // Nature. 1995. Vol. 376. P. 675—678.
- [22] Fitzhugh B., Shubin V. O., Tezuka K. et al. // Archaeology in the Kuril Islands: Advances in the study of human paleobiogeography and northwest pacific prehistory. Arctic Anthropology. 2002. Vol. 39. P. 69—94.
- [23] 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.
- [24] <http://static.panoramio.com/photos/original/12299241.jpg>
- [25] <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=39120>

Владивосток
grishin@ibss.dvo.ru

Посупило в редакцию
9 июня 2010 г.