

- дования полярных областей Земли в Международном полярном году 2007/08». Тез. 21—23 апр. 2010. 74 с.
- [3] *Мирабель А. П.* Свободные синоптические вихри // А. С. Монин, Н. Н. Корчагин. Десять открытий в физике океана. М.: Научный мир, 2008. С. 128—153.
- [4] *Holliday N. P., Read J. F.* Surface oceanic fronts between Africa and Antarctica. *Deep-Sea Research I*. 1998. Vol. 45. P. 217—238.
- [5] *Ionov V. V., Pavlov A. K.* Synoptical monitoring of spatial and temporal variability of the SST fronts in the Southern Ocean. SCAR/IASC IPY Open Science Conference «Polar Research — Arctic and Antarctic perspective in the International Polar Year». In book: Abstract volume. SPb. Russia. July 8—11, 2008. P. 104.
- [6] *Lutheharms J. R. E. and Valentine H. R.* Southern Ocean fronts south of Africa. *Deep Sea Research*. 1984. Vol. 31. N 12. P. 1461—1475.
- [7] *Park Y.-H., Pollard R. T., Read J. F., LeBoucher V.* A quasi-synoptic view of the frontal circulation in the Crozet Basin during the Antares-4cruise. *Deep-Sea Research Part II: Topical studies in Oceanography* 49. 2002. P. 1823—1842.
- [8] *Phillips H. E., and Rintoul S. R.* Eddy variability and energetics from direct current measurements in the Antarctic Circumpolar Current south of Australia // *J. Phys. Oceanogr.* 2000. Vol. 30. P. 3050—3076.
- [9] *Thompson A. F.* The atmospheric ocean: eddies and jets in the Antarctic Circumpolar Current. *Phil. Trans. R. Soc. A*. 2008. Vol. 366. P. 4529—4541.

Санкт-Петербург
geo-igor@mail.ru

Поступило в редакцию
25 апреля 2011 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 5

© С. Ю. ГРИШИН

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОГО НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Введение. Крупнейший вулкан России, гигант Ключевской, является наиболее мощным вулканом региона. Извергая огромное количество вулканитов, вулкан оказывает мощное и разностороннее воздействие на экосистемы большой территории. Однако ни масштабы, ни формы, ни последствия влияния вулкана на экосистемы прилегающих территорий до сих пор не изучены. Цель данной статьи — очертить масштабы и типы воздействия извержений на важнейший компонент экосистем — растительный покров, и их кратковременные и долговременные последствия. Рассматриваются последствия прямодействующих форм воздействия — эксплозивного и эффузивного вулканизма.

Природные условия. Ключевской (высота около 4750 м) — самый высокий из активных вулканов Евразии [9]. Стратовулкан находится в Ключевской группе вулканов (центральная часть Камчатки) — гигантском массиве площадью 6500 км². Массив состоит из 12 крупных вулканов, включая три «четырёхтысячника». Кроме Ключевского, активными являются вулканы Безымянный, Ушковский, Плоский Толбачик, а также Толбачинская зона шлаковых конусов. Одна половина массива относится к району «хвойного острова» центральной Камчатки, а другая, где и располагается Ключевской вулкан, — к району типично камчатского океанического комплекса лесов из березы каменной, стлаников и лугов [4]. Подножия вулкана ограничены долиной р. Камчатка и ее правого притока р. Хапица, расположенных на расстоянии 32—37 км от кратера. Природный комплекс Ключевского достаточно разнообразен, охватывая как типичные, так и уникальные камчатские ландшафты от шлаковых вулканических пустынь и лавовых покровов до районов с ненарушенной растительностью.

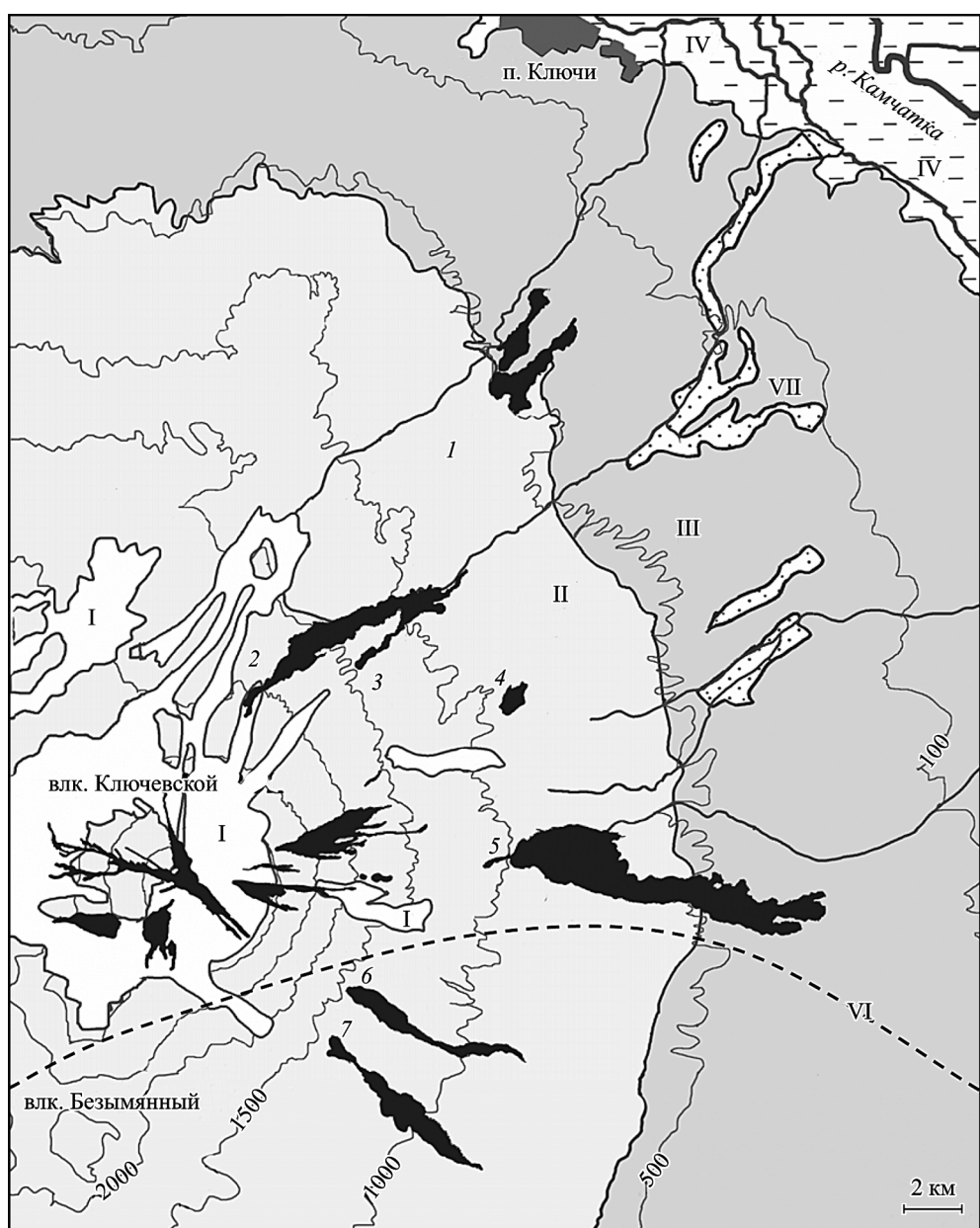
Ключевской — молодой вулкан, он образовался около 6—7 тыс. л. н. [9]. В настоящее время его объем достигает 250 км³. Высота вулкана — переменная величина, связана с вулканогенной динамикой вершинной части кратера; меняется в пределах 4700—4850 м. На склонах, крутизна которых не превышает 4° у подножий и достигает 35° у верхней части конуса (выше 3000 м), располагаются около 100 побочных кратеров, образовавшихся за последние 4 тыс. лет. Из них излились лавовые потоки, которые, переслаиваясь с чехлами пирокластики, образуют сплошные разновозрастные покровы в высотном интервале от 1500—2000 до 500—600 м. Ювенильные продукты Ключевского представлены в основном магнезиальными и глиноземистыми базальтами [9].

Вулканическая активность. В исторический период 1697—1932 гг. вулкан извергался из центрального кратера 38 раз [9, 19], т. е. с периодичностью 1 раз в 6 лет. В этот период побочные извержения не отмечены (возможно, отдельные прорывы все же имели место [20]). Многие извержения длились до 2—3 лет. Извержения центрального кратера были эксплозивными или эффузивно-эксплозивными, т. е. происходили преимущественно в виде выбросов раскаленной тефры (совокупность пепла, шлака, лапилли и бомб), в меньшей степени — в виде лавовых излияний. Крупнейшими в исторический период считают извержения 1737, 1944—1945 и 1994 гг. Высота пеплово-газовой колонны может превышать 15 км, площадь пеплопадов составляет сотни и тысячи квадратных километров, пепловый шлейф уносит на сотни километров за пределы Камчатки. Помимо лавы и тефры, иногда из вершинного кратера со скоростью до 100 км/час скатываются раскаленные лавины и более часто — грязевые потоки и лахары. Лахары, грязевые потоки и сухие речки автор вслед за Ю. И. Манько [12] относит к косвенным формам вулканического воздействия на растительный покров; в данной статье они не рассматриваются.

За период 1932—1987 гг. произошло 12 эксцентрических (побочных) извержений (см. рисунок). Они были эффузивными или эксплозивно-эффузивными, т. е. среди продуктов извержений преобладала лава. Суммарный объем лавы составил 0.76 км³, она покрыла площадь более 35 км², протягиваясь потоками длиной от 1 до 12 км; средняя мощность потоков составила 15—25 м. Они относятся к крупноглыбовым и шлаковоглыбовым потокам типа «аа». Тефра в заметных объемах выпала только во время 7 из 12 извержений; ее общий объем составил 63 млн м³ (суммировано из: [9], табл. 16).

Методы и материалы. Обследованы склоны вулкана, расположенные в интервале от 400 до 1700 м, что соответствует верхней части лесного пояса, субальпийскому и альпийскому поясу. Большинство описаний сделано на высоте около 800—900 м, так как выше по профилю часто наблюдаются сильные искажения растительного покрова под влиянием вулканизма. На лавовых потоках закладывались трансекты поперек потоков с учетными площадками, где фиксировался рельеф, особенности субстрата, состав группировок растений, прослойки вулканической тефры последующих (после образования потока) извержений. В зоне пеплопадов трансекты закладывались по градиенту мощности тефры, выполнялись почвенные разрезы. Выполнено дешифрирование аэрофото- и космofотоснимков. Полевые работы проводились в течение ряда лет, начиная с 1983 г.

Результаты. Растительность. Лесной пояс располагается от долины р. Камчатка и р. Хапица приблизительно до 500 м над ур. моря. Коренная растительность на склонах представлена здесь лесами из березы каменной *Betula ermanii*; наиболее полно она выражена в северо-восточной части Ключевского вулкана. В восточных секторах в условиях динамичного рельефа подножий, периодически перекрываемых пролювиальными отложениями, до высоты 200—400 м преобладают производные лиственные леса. В интервале 500—800 (1000) м располагается субальпийский пояс, представленный главным образом стланиками и субальпийскими лугами, а также участками и группами деревьев на верхнем пределе леса. Древесная растительность этого пояса, находящаяся на контакте с лесной, представлена зарослями стлаников, в основном ольхового *Alnus fruticosa* s.l., иногда с участием кустарниковой рябины *Sorbus sambucifolia*, древовидных и кустарниковых ив, изредка — кустов кедрового стланика *Pinus*



Основные ландшафтно-поясные образования Ключевского вулкана.

I — ледники; II — субальпийский, альпийский, нивальный пояса, вулканические пустыни; III — лесной пояс; IV — луга и болота долины р. Камчатка; V — лавовые потоки XX в. (1 — Туйла, 2 — Пийпа, 3 — Белянкина, 4 — Былинкиной, 5 — Билокай, 6 — Апахончич, 7 — Юбилейный); VI — зона воздействия катастрофического извержения вулкана Безымянный (1956 г.); VII — зоны отложений сухих рек.

pumila. Все это комбинируется с кустарниково-разнотравными лугами. Ольховник широко представлен также подлеском под пологом березняков и куртинами между языками и островками леса на его верхнем пределе. В условиях крайне пологих склонов субальпийский пояс достигает необычайно большой ширины — до 4—5 км и поднимается приблизительно до 1000 м. Верхний предел зарослей ольхового стланика плавно снижается от 1000 до 800 м от северо-восточных до юго-восточных склонов. Выше располагается пояс альпийской растительности, который выражен фрагментарно только на северо-восточном склоне, а на восточном замещается ландшафтом вулканической пустыни. Вулканическая пустыня от высоты 1000—1200 м тянется до высоты около 2000 м, где постепенно начинает сменяться нивальным поясом. Однако на западных склонах Ключевской группы вулканов (Дальняя Плоская сопка; иное название — вулк. Ушковский) до высоты 1500—1600 м располагается пояс горных тундр [7]. В юго-восточной части Ключевского вулкана растительность была нарушена в 1956 г. гигантским извержением вулкана Безымянный, что повлекло уничтожение лесов и стлаников на обширной территории [2, 4].

Воздействие терминальных извержений на экосистемы. Гигантский вулкан продуцирует огромный объем вулканитов — в среднем около 60 млн т/год — столько же, как и все остальные, вместе взятые, вулканы Камчатско-Курильского региона [9]. Однако нет никаких данных о прямом влиянии извержений центрального кратера на растительный покров. Воздействие раскаленных лавин и лавовых потоков, сходящих из центрального кратера, не затрагивает «зону жизни», так как на данном вулкане массы этих высокотемпературных вулканитов не спускаются ниже 2500 м. Вызываемые последними лахары (вулканогенные сели) и грязевые потоки могут при сильных извержениях (как, например, в 1994 г.) достигать подножия вулкана, производя разрушения растительного покрова вдоль узких зон (русел) прохождения этих потоков по склонам вулкана и в зонах аккумуляции отложений, погребаяющих растительность подножий. Значительная часть вулканитов извергается из центрального кратера в виде тефры, отложение которой в критических количествах приводит к поражению и повреждению растительности, что было изучено на ряде вулканов Камчатки и Курил [5]. Однако обследование верхней границы леса автором [4] не выявило районов современного (или недавнего) поражения растительного покрова склонах Ключевского и прилегающих вулканов (не считая района вулк. Безымянный, где растительность погибла на большой площади в результате катастрофы 1956 г., а также локальных участков, пострадавших от воздействия эксцентрических извержений).

В XX в. известны 2 крупных извержения Ключевского — в 1945 и 1994 гг. Объем тефры извержения 1945 г., по оценке Б. И. Пийпа [19], превосходил 0.6 км³, что признано завышенным на порядок [8, 16]; т. е. реальное значение — около 0.06 км³. Пароксизмальное извержение 1994 г. было весьма эффектным; гигантский пепловый шлейф, уходящий в Тихий океан, наблюдался российскими вулканологами со склонов вулкана и астронавтами NASA из космоса. Извержение привело к выбросу 0.05 км³ тефры; максимум отложений зафиксирован на юго-восточном склоне вулкана: на высоте около 900 м — всего 5 см более тонкой тефры [16]. На высоте 1700 м автором отмечена мощность около 30 см грубых лапилли.

В опорном разрезе Черный Яр (близ восточного побережья Камчатки, 105 км от Ключевского) за период около 6000 лет (что близко к периоду жизни Ключевского вулкана) обнаружено 28 горизонтов пеплов вулкана Шивелуч, тогда как пеплы Ключевского встречены в виде лишь четырех маломощных прослоев [17]. Это свидетельствует, с одной стороны, о резко различных режимах и мощностях извержений двух наиболее продуктивных вулканов региона — андезитового и базальтового, а с другой — о том, что основная масса отложений Ключевского аккумулируется на склонах вулкана или близ него.

Для анализа воздействия пеплопадов терминальных извержений на экосистемы Ключевского мы (совместно с С. А. Шляховым) в 2006—2008 гг. заложили серию почвенных разрезов в субальпийском поясе (на высоте около 900 м), в северо-восточном и восточном секторах вулкана. Разрезы выполнялись на лавовых потоках, датированных

вулканологами возрастом от 300 до 3500 лет (информация о возрасте потоков любезно предоставлена В. В. Пономаревой). Всего выполнено 15 разрезов глубиной до 250 см; почти во всех случаях разрезы достигали лавы. Судя по наиболее глубоким разрезам северо-восточного сектора, мощность почвенно-пирокластического чехла увеличивалась за столетие в среднем на 8.3 см. В разрезах прослой черной базальтовой тефры Ключевского вулкана чередовались с прослоями светлой тефры вулканов Шивелуч, Безымянный и Ксудач. Мощность прослоев тефры Ключевского не превышает, как правило, 3—6 см, лишь в одном случае локально достигала 15 см. Таких отчетливо выделяющихся горизонтов вулкана выделено до 10—12 для последних 3500 лет. Таким образом, заметные извержения, близкие к извержениям 1945 и 1994 гг., происходили в среднем 1 раз в 300 лет или реже. В остальных случаях тонкие прослой тефры «растворялись» в горизонтах погребенных почв. В целом можно отметить, что отложения Ключевского в виде тефры относительно маломощных, но частых извержений выпадали в основном в пределах постройки вулкана, преимущественно на склонах конуса.

Отложения тефры подобной мощности (3—6 см), по нашим данным, полученным на других вулканах Камчатки, практически не оказывают влияния на растительность лесного и субальпийского поясов, а лишь некоторое влияние на растительный покров альпийского пояса. Только в отдельных случаях при маломощных пеплопадах отмечена гибель лесной растительности (в районе прорыва Туйла, см. далее), но в таких случаях фатальными являются другие факторы (тепловое и химическое поражение). Таким образом, даже столь заметные события, как пароксизмальное извержение 1994 г., не оказали существенного воздействия на природный комплекс субальпийского и тем более лесного пояса.

Крупнейшее извержение Ключевского в XX столетии (?). На восточном склоне вулкана автор обнаружил сектор отложений довольно мощного извержения. На лавовом потоке «S» (его возраст, по оценке вулканологов, составляет около 300 лет), на высоте около 900 м мощность грубой тефры (размер лапилли — 1—3 см) составила 30 см. Сверху этот горизонт был перекрыт слоем черного песка мощностью 5 см, возможно, оба горизонта были разными фациями одного и того же пеплопада. Описываемые отложения Ключевского общей мощностью 35 см были перекрыты светлой тефрой вулкана Безымянный 1956 г. (мощность в разрезе около 17 см) и сверху маломощным прослоем черного песка (по-видимому, это тефра одного из извержений Ключевского в 1961—1962 гг. или 1966 г., согласно хронологии активности вулкана [19]). С удалением от кратера вулкана на высоте около 700 м мощность грубой тефры Ключевского уменьшается до 12 см, а на высоте около 170 м (28 км от кратера) — до 4 см. Серия прикопок (около 40 точек) показала обширный сектор отложений данной тефры: в пределах азимутов 80—140° протяженностью до 32 км, а по осевой части предположительно до 35—37 км. Когда же произошло это необычайно крупное для Ключевского извержение? Подсказка найдена в работе камчатского натуралиста П. Т. Новограбленова [15]. На маршруте 1927 г. он наблюдал заметно выделяющуюся зону отложений лапилли, мощность которых достигала 40 см на восточном склоне вулкана. Как сообщили ему местные охотники, извержение произошло в ноябре 1911 г. Отметим, что по имеющимся материалам данное событие вызвало крупнейшие отложения тефры в субальпийском поясе вулкана в последние тысячелетия. По аналогии с изученным распределением тефры в результате извержений вулкана Чикурачки [1] можно допустить, что общий объем тефры извержения 1911 г. — порядка 0.1 км³. Оценочно, растительность альпийского и частично субальпийского поясов в 1911 г. погибла на площади около 10 км² в интервале высот 1200—800 м.

К 1911 г. близ осевой части отложения вулканитов, на лавовом потоке «S», на высоте 900 м сформировался горизонт примитивной почвы мощностью около 8—10 см, по-видимому, здесь росла сомкнутая лугово-тундровая растительность. Сукцессия была прервана извержением 1911 г., но последующие маломощные отложения Ключевского и существенные отложения Безымянного (1956 г.) привели к ускорению формирования более благоприятного субстрата. Вследствие этого через 70 лет после маршрута Новограбленова покрытие поверхности потока растительностью составля-

ло в среднем 65 %, а на выходы лавы приходилось 10—30 % поверхности (из описания автора настоящей статьи). Ниже по профилю потока на высоте 700 м древесная растительность пережила извержение. Здесь растут единично невысокие тополя, ольховник куртинами и единичные березки. Возраст тополей в 1986 г. составлял 80—90 лет, т. е. они пережили извержение 1911 г. в состоянии подростка.

Влияние эксцентрических извержений на растительность. На склонах Ключевского располагается около 100 эксцентрических (боковых, латеральных) прорывов. Типичный прорыв являет собой шлаковый конус (или серию конусов и кратеров), лавовый поток, вытекший из конуса, и локальную территорию вокруг конуса, перекрытую тефрой данного извержения. В исторический период зафиксировано около 15 таких извержений. Рассмотрим прорывы, наиболее существенно воздействовавшие на экосистемы.

Туйла. В течение 1932 г. на верхней границе леса один за другим образовались три конуса, достигавшие до 50 м в высоту и 160 м в диаметре. Тефра разлеталась в радиусе 1—2 км в виде вулканического шлака, песка, лапилли и бомб. После эксплозивного этапа у каждого прорыва начинался эффузивный: в итоге 3 излившихся потока лавы имели длину до 4 км, суммарная площадь их составила 4.1 км². Объем тефры составил 6 млн м³, лавы — 90 млн м³ [9]. *Прорыв Билюкай.* Нижний из серии кратеров извержения 1938 г. Извержение происходило в течение целого года. Шлаковый конус высотой 200 м расположен на высоте 900 м. Из него излился мощный лавовый поток длиной 12 км и шириной от нескольких сотен метров до 1—2 км, который пересек субальпийский пояс и глубоко проник в каменноберезовый лес. Мощность тефры у прорыва составляла около 1 м [14]. *Юбилейный прорыв.* Серия кратеров, нижний из которых — кратер Заварицкого — образовался в 1945 г. на высоте 1200 м. Из этого кратера излился лавовый поток длиной около 5.1 км при ширине 500—600 м, который достиг субальпийского пояса на высоте около 800 м [19]. *Прорыв Анахончик.* Произошел на высоте 1600 м в 1946 г. Лавовый поток длиной 12 км достиг верхней границы леса на высоте 740 м. *Прорыв Былинкиной.* В ноябре 1951 г. на высоте 900 м образовался шлаковый конус и относительно небольшой (площадь 0.5 км²) поток глыбистой лавы. Объем тефры составил 2.5 млн м³, лавы — 10 млн м³ [18]. *Прорыв Пийпа.* В 1966 г. на высоте около 2000 м образовался ряд взрывных кратеров, из нижних вытек мощный поток площадью 4.7 км², который достиг субальпийского пояса. Объем тефры составил 10 млн м³, лавы — 90 млн м³. Несмотря на относительно небольшие объемы, пеплопады ряда прорывов (Туйла, Билюкай, Былинкиной) привели к локальным катастрофам: на расстоянии нескольких сотен метров (до 1 км) от кратеров погибла растительность, включая древесную (см. далее).

Лавовые потоки и их воздействие на экосистемы. Потоки раскаленной лавы приводят к полному уничтожению существующих экосистем, и обсуждать можно только масштабы этих изменений, воздействие на граничащую территорию, длительность и характер сукцессий на лавовом покрове. По имеющимся данным [9] суммированы площади лавовых потоков XX в. на Ключевской сопке, в результате получена величина около 30 км², что весьма существенно для территории средней части склонов вулкана. Воздействие на растительность, непосредственно примыкавшую к потокам, можно считать незначительным. Борты у движущихся потоков глыбовой лавы перекрыты осыпавшимися частично остывшими глыбами, так что даже для крупных растений (кустарников и деревьев) урон наносится минимальный. Так, заросли ольховника в зависимости от конкретной ситуации прохождения лавового потока через заросли (температуры, излучаемой бортами потока, и ряда других факторов) в результате извержений погибли или были угнетены лишь местами в непосредственной близости от потоков. На потоке Пийпа, на высоте 930 м, у основания западного борта потока в 2006 г. был обнаружен куст ольховника, росший на расстоянии 4 м от глыб лавы. Ольховник пережил извержение, возраст его был 65 лет; в год извержения диаметр основания — около 6 см.

Сукцессии на лаве в первые десятилетия после извержения. Мы обследовали большинство потоков XX в. Ключевского вулкана и определили пионеров зарастания. Кратко отметим состояние начального этапа сукцессии на некоторых потоках.

Былюкай. Поток состоит из глыб и валунов, основательно перекрытых мелкоземом (в среднем на 30—40%). На мелкоземе разреженно (в среднем не более 5—10 %) встречены 13 видов сосудистых растений, среди которых наиболее часто отмечены злак *Deschampsia borealis* и реже ива *Salix sphenophylla*. Остальные виды встречены единично. Лишайники (до 10 видов), среди которых абсолютно доминирует *Stereocaulon vesuvianum*, покрывают до 50 % поверхности лавы (в среднем около 31 %). Мхи, среди которых чаще всего встречается *Polytrichum* sp., покрывают обычно 1—5 % поверхности, в понижениях — до 10 % (из описания 2002 г.).

Прорыв Былинкиной. Лава серовато-коричневая, на поверхности острые неровности. Массив потока более похож на единую массу, из которой отваливались глыбы, размером 0.1—1 м. Местами лавы выветрелые, красные. Для потока характерны гряды и понижения с перепадом высот 1.5—3 м. Лава сильно перекрыта мелкоземом, местами напоминающим почву. Везде виден свежий пепел Ключевской сопки. Днища на 30 % покрыты куртинками ив, бобовых и злаков; склоны гряд — единичными небольшими латками альпийских ив. Лава на 30—40 % покрыта лишайником, местами — мхами. В целом зеленые растения покрывают до 10 % поверхности потока (из описания 2005 г.).

Прорыв Пуйна. Глыбово-обломочная лава с неровными, местами острыми краями (глыбы угловатые, серого цвета, размер глыб 0.2—1 м) на 70—80 % покрыта *Stereocaulon vesuvianum*, и на 10 % — мхом *Rhacomitrium* sp. Лишь крайне редко, на краю потоков, видны единичные куртинки злаков (из описания 2005 г.).

Таким образом, для лавовых потоков характерны быстрое перекрытие вулканитами неоднородностей нано- и микрорельефа, накопление мелкозема в трещинах и микродепрессиях на лаве. Через 50—60 лет после образования лавовых потоков наблюдаются образование прослоя мелкозема на лаве, захват поверхности лавы лишайниками и мхами. Отмечается случайный характер расселения сосудистых растений, в первую очередь злаков, преимущественно на мелкоземе. Единично встречены и древесные растения, они небольшие — субстрат для них явно не готов. Заметны различия в скорости накопления мелкозема, особенно в северо-восточном и юго-восточном секторах вулкана, в последнем он значительно выше, что связано, видимо, с активностью вулкана Безымянный начиная с 1955 г. и, возможно, интенсивным переносом вулканического пепла во время пылевых бурь выше границы растительности.

Долговременные последствия лавовых излияний. Восстановление растительности на ювенильном безжизненном субстрате — крайне длительный процесс. По нашим данным, на лавовых потоках Толбачинского дола (юго-западный сектор Ключевской группы вулканов) сукцессия длится не менее 1500—2000 лет [3]. Длительность сукцессии зависит от ряда факторов, среди которых важнейшие — климатические условия района, скорость накопления мелкозема на лавовом субстрате, пеплопады последующих извержений, стимулирующие или тормозящие сукцессию, и другие внешние воздействия, например пожары.

Автор обследовал большинство потоков Ключевского вулкана. Были определены пионеры зарастания начального этапа и доминанты растительности последующих стадий сукцессии. Для лавовых потоков XX в. характерны быстрое перекрытие вулканитами неоднородностей нано- и микрорельефа, накопление мелкозема в трещинах и микродепрессиях на лаве, заселение субстрата растениями разных жизненных форм (мхи, лишайники накипные и кустистые, злаки, кустарнички и др.). К периоду около 300 лет лавы представляют собой поверхность, задернованную на 50—90 %; на высотном уровне, соответствующем верхней границе леса, появляются группы угнетенных пионерных деревьев, в основном тополей, а также куртин ольховника. На лавах следующей возрастной группы (около 1400 лет) растительность полностью сомкнута и дифференцирована соответственно высотным поясам (лесной, субальпийский, альпийский), микрорельеф выровнен. На следующих этапах (2500—3500 лет) происходит выравнивание и мезорельефа, нарастает мощность почвенно-пирокластического чехла, у растительных сообществ появляются черты зрелости, что выражается в их составе и структуре. Темп сукцессии в целом, по-видимому, несколько выше, чем у сукцессии

на лавах Толбачинского дола. Это связано с тем, что количество стадий развития растительного покрова на Ключевском уменьшено (за счет выпадения промежуточной стадии кедрового стланика и заключительной стадии хвойного леса), влажный климат восточного склона Ключевской группы вулканов более благоприятен для развития растительности и, главное, умеренные, но частые пеплопады способствуют более быстрому нарастанию почвенно-пирокластического чехла.

Поражение растительности пеплопадами эксцентрических прорывов. Все извержения характеризовались относительно малым объемом или отсутствием выброшенной тефры. Самый крупный объем был отмечен у Юбилейного прорыва — 23 млн м³ тефры. Тефра Юбилейного, по-видимому, не оказала заметного влияния на древесную растительность (поскольку последняя была удалена от нижнего центра прорыва — кратера Заварицкого — на 2—3 км), оказав воздействие лишь на травянистую растительность альпийской зоны. Б. И. Пийп [10] наблюдал, что подступ к потоку «густо завален тонким пеплом, из-под которого торчит свежая трава» (с. 80). Там же отмечено, что «трава в окрестностях прорыва желтая. Это не результат действия жара. Дело здесь явно во вредных газообразных составных частях пепла и шлаков, проникших в почву» (с. 87). Территория района прорыва была охвачена действием разрушительной взрывной волны вулкана Безымянный (1956 г.), поэтому нет возможности анализировать воздействие извержения 1945 г. на растительность. Рассмотрим поражение растительного покрова после выпадений тефры на примере двух прорывов — Туйлы и Былинкиной.

Поражение растительности в районе прорыва Туйла. В пределах 500 м от прорыва мощность тефры падает от 41 до 1—2 см, причем ближе к центру извержения это грубый шлак, а с удалением — вулканический песок. Сверху тефра Туйлы была перекрыта светлым пеплом вулкана Безымянный (извержение 1956 г.) мощностью 5—7 см. Гибель крупных берез происходила при отложениях тефры мощностью всего 1(!) см. Судя по свидетельствам очевидцев извержения, деревья и кустарники испытывали сильнейший тепловой шок. Растения не выдерживают столь мощное термическое воздействие. Намечаются следующие факторы гибели древесной растительности: бомбопад и пеплопад, термическое обжигание и иссушение листвы, ветвей и стволов, воздействие агрессивных газов, вероятное изменение химизма почв. Бомбардировка бомбами и крупными лапилли и шлаками действовала на расстоянии первых сотен метров. Необычным фактором было термическое обжигание растений. Часть древесной растительности пострадала непосредственно от раскаленных бомб. Но главным был мощнейший источник высокотемпературного излучения от эруптивных центров, а также (в меньшей степени) от лавовых потоков. Прилегающая к прорывам часть древесной растительности сразу же погибла (в течение нескольких дней или первых недель для более удаленной растительности). Более удаленные древостои и стланики подверглись длительному тепловому и химическому воздействию, а также другим неблагоприятным воздействиям (пеплопад, налипание пепла на кроны, химическое воздействие через почвы, кислотные дожди). В результате наблюдался ряд по постепенному уменьшению числа погибших древесных растений с удалением от центров извержения [6].

Поражение растительности в районе прорыва Былинкиной. Трансект длиной 1000 м был заложен по оси максимальной мощности вулканитов (юго-восточное направление). В интервале высот 870—800 м над ур. моря выполнена серия геоботанических описаний с прикопками и почвенным разрезом. Мощность тефры 1951 г. в пределах трансекта выклинивалась от 40 (грубый шлак) до 9 см (мелкая тефра). Минимальный уровень соответствовал зоне ненарушенной растительности, что определялось по возрасту стволов ольхового стланика. Растительность была представлена здесь лугами и зарослями ольхового стланика. Если в верхней части трансекта, ближе к центру прорыва, ольховник был молодой (высота зарослей — 2—3 м, диаметр оснований стволов — до 8—10 см, возраст — до 30 лет) и рос преимущественно отдельными кустами, то в нижней части трансекта заросли стланика достигали 4 м высотой, диаметр стволов — до 15—20 см, возраст — 65 лет. В травяно-кустарничковом ярусе изменения

также были существенны: в верхней части трансекта покров был не сомкнут (покрытие менее 50 %), представлен серийными группировками из леймуса, которые чередовались со шлаковыми обнажениями, в нижней части трансекта шлаковые обнажения исчезают, травяной покров (между зарослями ольхового стланика) становится сомкнутым с типичным составом и структурой, характерным для субальпийского луга данного района. Поверх горизонта тефры за 55 лет образовалась мощная (15 см) дернина.

В целом пеплопады четырех эксцентрических извержений (группа Туйла, Билюкай, Юбилейный, Былинкиной) нанесли ущерб растительному покрову на общей площади оценочно, в пределах 5 км².

Обсуждение. Извержения центрального кратера прямо воздействуют на растительность альпийского пояса через пеплопад и косвенно — через постоянное перемещение сверху вниз ранее отложенных вулканитов, благодаря чему в высокогорье поддерживается режим перманентной вулканической пустыни. Заметное опустынивание на восточном склоне вулкана отмечалось рядом исследователей [11, 15, 19, 20]. По-видимому, вулканическая пустыня горных склонов Ключевского — результат интегрального и аккумулятивного воздействия многовековых пеплопадов вулкана, ориентированных по преобладающим в тропосфере и нижней стратосфере ветрам (перенос запад—восток). Пеплопады центрального кратера оказывают также опосредованное воздействие на экосистемы лавовых покровов через быстрое наращивание почвенно-пирокластических чехлов на первично безжизненных субстратах. Парадоксальным образом такие мини-катастрофы стимулируют сукцессии, создавая рыхлый субстрат, пригодный для укоренения растений. Это происходит с различными вулканическими субстратами. Так, тефра вулкана Ключевского, выпав в 1994 г. в юго-восточном секторе вулкана на почти не зарастающий субстрат взрывных отложений вулкана Безымянный (1956 г.), привела к быстрому заселению травянистыми растениями (по наблюдениям 1996 г.). При этом тонкий пепел Безымянного отчасти стал служить водоудерживающим горизонтом, создав более стабильный режим водного питания растений. С нарастанием мощности почвенно-пирокластического чехла список видов и жизненных форм растений расширяется.

Изучение рельефа вулкана по топографическим картам показало, что конус его асимметричен: северо-восточный склон несколько более пологий, чем восточный и юго-восточный. В результате изучения почвенно-пирокластического чехла выявлено, что на склонах восток-юго-восточного сектора вулкана отлагается максимальное количество аэральной пирокластики Ключевского. Здесь же, по-видимому, происходят более интенсивная эрозия и увеличенный вынос вулканитов сухими речками. Как следствие именно в юго-восточном секторе пояс вулканогенно-пролювиальных равнин достигает максимальной ширины. Причины мощной эрозии связаны с нисходящими движениями этой части Ключевской группы вулканов в голоцене [13]. Эти интенсивные современные процессы ведут к существованию обширной зоны нестабильных экотопов в лесном поясе, что обуславливает постоянную динамику лесной растительности и ее преимущественно серийный характер. Вместо протяженного пояса лесов из березы каменной здесь распространены производные леса из березы белой, ольхи волосистой, тополя, ив, рябины сибирской и ольховника.

На первый взгляд, у крупнейшего вулкана Евразии нет явно выраженной зоны поражения древесной растительности (что обычно бросается в глаза), как у других базальтовых вулканов (Толбачинская зона шлаковых конусов, Алаид, Чикурачки, Тятя, Козельский; на последнем растительность пострадала от воздействия извержения вулкана Авачинский в 1945 г.), хотя вулкан извергает в ходе частых извержений суммарно огромный объем вулканитов. Причин по меньшей мере две. Первая — у Ключевского вулкана не было особо мощных, катастрофических извержений в последние тысячелетия. Вторая причина связана с гигантскими размерами вулкана и, как следствие, большим удалением «зоны жизни» от кратера. Это расстояние составляет около 11 км, тогда как на однотипном по строению крупнейшем вулкане Курил — Алаиде, оно не превышает 3—6 км. При крупных извержениях базальтовых вулканов отложения тефры образуют обычно эксцентричную, ориентированную в определенных направле-

ниях структуру отложений, т. е. отлагаются обычно в узком секторе. Даже при крайней вытянутости изопакит, когда отложения имеют четко выраженную ось, вулканиты образовывали зону полного разрушения растительного покрова на расстоянии до 8—10 км от центрального кратера в сравнительно узком секторе (извержение вулкана Авачинский в 1945 г., вулкана Чикурачки в 1853, 1986 гг.). В случае крупных латеральных извержений вулкана Алаид (1972 г.), Тятя (1973 г.) и отчасти сходного с ними по характеру северного прорыва Толбачинского извержения (1975 г.) зона поражения находилась в пределах 3—6 км. Таким образом, зона поражения вулкана Ключевской с радиусом около 11 км от центрального кратера является крупнейшей постоянно существующей вулканической пустыней региона. Площадь ее в высотном интервале 1100—1800 м составляет около 70 км², при том что она (в силу специфики расположения вулкана в Ключевской группе) выражена только в одном секторе вулкана (около 120°). В районах других крупных вулканических пустынь на Камчатке растительный покров стабильно восстанавливается после катастроф, интервал между которыми составляет сотни лет (вулкан Шивелуч) или первые тысячи лет (вулканы Безымянный, Ксудач).

Эксцентрические извержения приводят к перекрытию склонов лавовыми потоками и тефрой локальных пеплопадов. Лавовые потоки XX в. перекрыли в альпийском, субальпийском и лесном поясах около 30 км² территории склонов вулкана. Последствия их долговременны: сукцессия на лаве длится оценочно не менее 1500 лет. Пеплопады эксцентрических извержений привели к гибели растительности на площади около 5 км².

На растительный покров Ключевского вулкана периодически оказывают влияние также извержения соседних вулканов, в первую очередь Шивелуча и Безымянного. Иногда это воздействие приобретает катастрофические формы, как например уничтожение лесов и стлаников в юго-восточном секторе вулкана в результате извержения вулкана Безымянный в 1956 г.

Таким образом, растительный покров крупнейшего вулкана России в значительной мере определяется активным вулканизмом. В целом извержения вулкана в XX в. разрушили растительность на его склонах на площади около 40 км². В радиусе 11 км от центрального кратера поддерживается режим постоянной вулканической пустыни, существование которой обусловлено рекордно высокой активностью вулкана.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-05-01015. Благодарю за консультацию В. В. Пономареву и за участие в сборе полевых материалов С. А. Шляхова, помощь в подготовке рисунка А. Н. Яковлеву.

Список литературы

- [1] 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.
- [2] Гориков Г. С., Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955—1963 гг.). М.: Наука, 1965. 171 с.
- [3] Гришин С. Ю. Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Бот. журн. 1992. № 1. С. 92—100.
- [4] Гришин С. Ю. Растительность субальпийского пояса в Ключевской группе вулканов. Владивосток: Дальнаука; 1996. 156 с.
- [5] 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.
- [6] Гришин С. Ю. Влияние на растительность извержения группы Туйла на Ключевской сопке (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. 2007. № 2. С. 9—16.
- [7] Гришин С. Ю., Ефремов Д. Ф., Манько Ю. И. и др. Вертолетно-пеший маршрут на сопку Плоскую-Дальнюю (высокогорье, спуск к подножию сопки). Описание экскурсионного маршрута / Изучение, использование и охрана растительного мира высокогорий. IX Всес. совещ. по флоре и растительности высокогорий. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 183—193.
- [8] Двигало В. Н., Мелекесцев И. В. Крупные современные обвалы на конусе вулкана Ключевской (по результатам ревизии последствий событий 1944—1945 и 1984—1985 гг.) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 1. С. 3—17.

- [9] Действующие вулканы Камчатки / Отв. ред. С. А. Федотов. М.: Наука, 1991. Т. 1. 302 с.
- [10] Дневники вулканолога Бориса Пийпа. М.: ЛОГАТА, 2006. 160 с.
- [11] *Конради С. А., Келль Н. Г.* Геологический отдел Камчатской экспедиции 1908—1911 гг. // Изв. РГО. 1925. № 57. Вып. 1. С. 3—32.
- [12] *Манько Ю. И.* Вулканизм и динамика растительности // Бот. журн. 1980. № 4. С. 457—469.
- [13] *Мелекесцев И. В., Краевая Т. С., Брайцева О. А.* Рельеф и отложения молодых вулканических районов Камчатки. М.: Наука, 1970. 104 с.
- [14] *Набоко С. И.* Извержение Билуюкая, побочного кратера Ключевского вулкана, в 1938 г. // Тр. Лаб. вулканологии и Камч. вулк. станции. 1947. Вып. 5. 135 с.
- [15] *Новограбленов П. Т.* Среди гигантов (путешествие вокруг Ключевского вулкана в 1927 г.) // Изв. РГО. 1929. Вып. 1. С. 25—39.
- [16] *Озеров А. Ю., Карпов Г. А., Дроздин В. А.* и др. Динамика извержения Ключевского вулкана 7 сентября—2 октября 1994 г. (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1996. № 5. С. 3—16.
- [17] *Певзнер М. М., Пономарева В. В., Мелекесцев И. В.* Черный Яр — реперный разрез голоценовых маркирующих пеплов северо-восточного побережья Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С. 3—18.
- [18] *Пийп Б. И.* Извержение кратера Былинкиной // Бюл. вулканол. ст. М., 1954. № 20. С. 48—51.
- [19] *Пийп Б. И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944—1945 гг. и в прошлом // Тр. Лаб. вулканологии. М., 1956. Вып. 11. 309 с.
- [20] *Сирин А. Н.* О соотношении центрального и ареального вулканизма. М.: Наука, 1968. 196 с.

Владивосток
grishin@ibss.dvo.ru
alaid@bk.ru

Поступило в редакцию
24 мая 2011 г.

Изв. РГО. 2011. Т. 143. Вып. 5

© С. П. СЕМЁНОВ, А. В. КИЧИГИНА

БЕДНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ И ЕЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ

Бедность как социально-экономическое явление в той или иной степени присуща любому обществу, однако ее причины, масштабы, конкретные проявления, а также последствия существенно отличаются в зависимости от условий и различных этапов ее развития. Коренные преобразования в системе общественных отношений, переход к рыночной экономике в России оказались более сложными и длительными, а социальная цена их более высокой, чем предполагалось вначале. По мнению доктора социологических наук, специалиста в области социальной стратификации Н. Е. Тихоновой, именно в это время начался процесс формирования «особого слоя не просто бедных, а „отверженных“, социально исключенных, лишенных тех основных возможностей реализации своих прав и жизненных интересов, которые имеет большинство россиян» [9]. Причем формируется этот многомиллионный слой отнюдь не из представителей социального дна, а из вполне добропорядочных, в большинстве своем работающих российских граждан. Таким образом, с началом экономических преобразований, направленных на развитие свободного функционирования рыночных отношений, в стране произошло значительное расслоение общества, ускорилась поляризация населения в зависимости от получаемого дохода. Снижение реальных доходов подавляющей части населения и их чрезмерная дифференциация — это две основные тенденции в изменении уровня жизни граждан России с начала 90-х гг. XX в. по настоящее время.