

УДК 581.524.323(571.66)

ЗАСЕЛЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ ПОВЕРХНОСТИ ГОРЯЧЕГО ПИРОКЛАСТИЧЕСКОГО ПОТОКА (ВУЛКАН ШИВЕЛУЧ, КАМЧАТКА)

© 2012 г. С. Ю. Гришин

Биолого-почвенный институт ДВО РАН

690022 Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159

E-mail: grishin@ibss.dvo.ru

Поступила в редакцию 27.05.2011 г.

Ключевые слова: сукцессия, *Ceratodon purpureus*, пирокластический поток, вулкан Шивелуч, Камчатка.

По юго-западному склону вулкана Шивелуч (центральная Камчатка) 27 февраля 2005 г. сошел огромный пирокластический поток, возможно, крупнейший по объему отложений в историческое время в Камчатско-Курильском регионе. Вулканологи оценили объем потока в 0.5 км^3 , длину — 25 км, площадь отложений — 31.5 км^2 , среднюю мощность — 15 м (Гирина и др., 2006). Поток (вероятно, это был комплекс напластований из многократно сходящих потоков) несколькими рукавами, глубоко (до высоты 180–250 м) внедрился в лесной пояс (рис. 1), сформированный здесь *Picea ajanensis*, *Larix cajanderi* и *Betula ermanii*. Отложения потока погребли лесную растительность в долине р. Байдарной, резко расширив долину (от 100–200 м до 1000–2500 м), а раскаленные пирокластические волны вызвали гибель леса вдоль бортов потока (Гришин, 2008, 2009).

Пирокластические потоки — разрушительные вулканические явления, опасные из-за внезапности схода, масштабы зон поражения и высокой температуры отложений. В 2005–2011 гг. на Камчатке и Курилах пирокластические потоки (вулканы Шивелуч, Безымянный, Пик Сарычева и др.) перекрыли отложениями территорию более 100 км^2 . Так, в результате воздействия раскаленных потоков половина о. Матуа (Курилы, 2009 г.) превратилась в пустыню (Гришин и др., 2010).

Подобно лавинам, газонасыщенные потоки скатываются по понижениям на склонах вулкана, погребая своими отложениями русла, долины и подножья. Массы раскаленных вулканитов имеют температуру в сотни градусов и при большой мощности могут остывать десятилетиями. Так, через 3 недели после извержения 2005 г. в толще отложений на глубине 15 см была отмечена температура $40\text{--}60^\circ$, на глубине 170 см — более 400° . Отложения были очень рыхлыми и газонасыщенными, с плотностью около $1.5\text{--}1.8 \text{ г/см}^3$ (Гирина и др., 2006).

Через полгода после извержения, в августе 2005 г., при нашем первом кратком обследовании

на поверхности потока местами наблюдались воронки (диаметром 0.5–1 м), из которых выходил пар. Стенки обнажений, возникшие в результате размывания пирокластики летними водотоками, были горячими (Гришин, 2008). На поверхности отложений во многих местах встречались обугленные ветви и обломки древесины. Температура поверхности пирокластики субъективно (на ощупь) воспринималась как соответствующая температуре окружающей среды. Мощность пи-

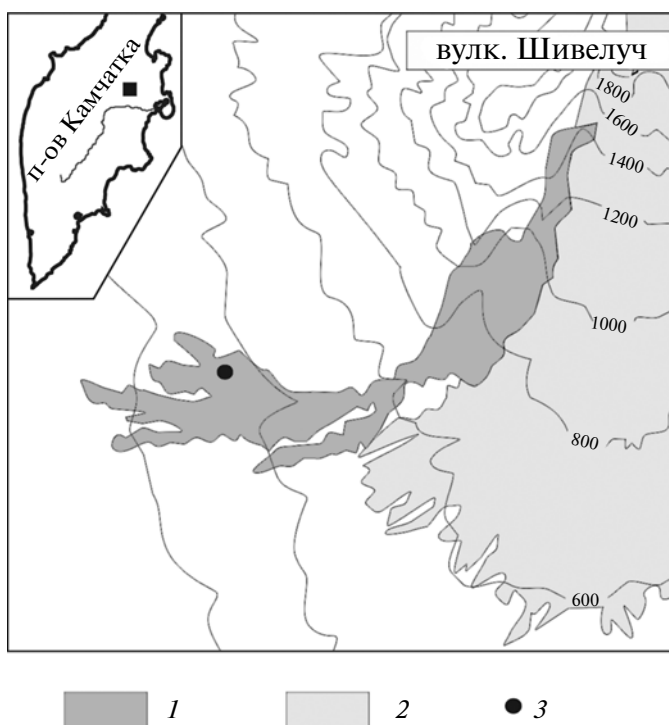


Рис. 1. Отложения пирокластического потока 2005 г.: 1 — поле отложений по космоснимку; 2 — поле отложений извержения 1964 г.; 3 — район измерений (наиболее мощная часть гряды, сформированной пирокластическими отложениями).

рокластических отложений потока неоднородна — от долей метра на шлейфах периферии потока до десятков метров (судя по рельефу) в крупной гряде с пологими склонами. Размеры гряды около 1×2 км, она расположена в пределах 300–400 м над ур.м. (пояс хвойного леса).

В первые годы после извержения высшие растения не заселяли пирокластику. В 2006 и 2007 гг. отмечено появление дереворазрушающих грибов на полупогребенной древесине, а в 2008 г. сосудистых растений на потоке. Тогда же были обнаружены миниатюрные кольцевые структуры растительности, которые представляют собой полосы растительности, окаймляющие округлые пятна (поперечник пятен — около 0.5–1.5 м). Ширина каймы 8–20 см, часто она разорвана или выражена фрагментарно. Ее растительность представляет собой низкий моховой покров, похожий на корку, изредка с включением единичных небольших сосудистых растений (вегетирующие злаки, всходы *Betula ermanii*). Мох, заселивший тепловые пятна, — *Ceratodon purpureus*; это космополитичный пионерный вид с широкой экологической амплитудой, активно заселяющий нарушенные местообитания. Высота зеленых побегов не превышает 1–2 мм, спорогонии отсутствуют; ризоиды скрепляют поверхностный слой отложений, образуя плотную дернину.

Тепловые пятна разбросаны в наиболее мощной части потока бессистемно, иногда встречаются группами до 3–4 шт. Поверхность этих пятен ощутимо нагрета. Раскапывание теплового пятна на глубину 70 см вскрыло рыхлый (в основе — песок), влажный и сильно нагретый грунт, выделяющий пар. Изучение спутниковых снимков (ASTER и др.), выполненных за период 2005–2010 гг., показало, что и вся поверхность мощных отложений пирокластики в долине р. Байдарной интенсивно излучает тепло, что видно по протаиванию снежного покрова. Несмотря на то, что в течение 5.5 лет после извержения поток оставался горячим, это не помешало растениям начать его заселение.

Отложения пирокластического потока представлены андезитовым материалом: заполнителем грунта служит тонкий (до супеси и пыли) светло-серый песок, с включениями мелких камней серого и коричневого цветов размером 1–2 см. Постоянно встречаются пористые куски светлой окатанной пемзы размером 2–5 см, часто до 10–15 см. Материал внутренней части тепловых пятен отличается от окружающей пирокластики: в первых материал однородный (песок, местами над ним корочки возгонов из тонкого материала), отсутствуют камни.

Для измерения температуры поверхности потока 2 и 3 августа 2010 г. использовали цифровой термометр со стальным шупом (диапазон измерений –50...+300°C, разрешение 0.1°C). Исследования 5 тепловых пятен и выполнены измерения фо-

Температура, °C

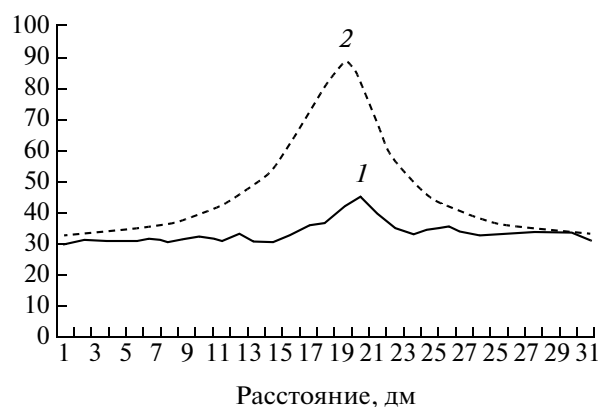


Рис. 2. Температура поверхности (1) и на глубине 10 см (2), измеренные на профиле, пересекающем тепловое пятно.

новой температуры пирокластического потока (всего 370 замеров при температуре воздуха 19–22°C, частичной или сплошной облачности).

Фоновая температура поверхности осевой части наиболее мощной гряды потока (где глубина толщ достигает, судя по рельефу, ~30–40 м) оказалась повышенной, причем температура грунта повсеместно повышалась с глубиной. Средняя температура составила 28.5, 32.8, 35.6°C для поверхности и глубин 10 и 25 см соответственно. К краевой части гряды, где мощность отложений падала, приблизительно до 10 м, температуры были несколько ниже — 25.7 и 27.4°C для глубин 0–1 и 10 см соответственно. Выявлено, что температура грунта повсеместно повышалась с глубиной. На поверхности отложений температура увеличивалась от фоновых значений до максимальной в центральной части тепловых пятен. Наиболее высокая температура поверхности (97.8°C) была зафиксирована в центре крупного пятна, единственного, у которого с шумом выходил пар.

На рис. 2 представлены результаты промеров по микропрофилю длиной 310 см через типичное тепловое пятно, выполненных через 10 см. Пятно находится в верхней осевой части гряды, сформированной мощными отложениями пирокластики, на пологом (3°–5°) склоне южной экспозиции. Кольцо растительности из мохового покрова в поперечнике имеет внутренний диаметр 66 см, внешний — 86 см при ширине каймы 10 см. Температура повышается от краев к центру пятна от 30° до 45° на поверхности, от 33° до 90° — на глубине 10 см. Средняя температура в середине каймы составила на поверхности 37.2°, а на глубине 10 см — 52°.

По данным обмеров кольцевых структур диапазон температур поверхности в средней части полосы мхов составлял 32–42°, на глубине 10 см — 47–57°. Выявлено, что для существования куртин мха оптимальна температура поверхности около 37°. От-

меченная на одном из тепловых пятен пониженная температура (33.7° и 47.2° для глубин 0–1 и 10 см соответственно, по-видимому, отражала локальный спад теплового излучения, что вызвало деградацию куртины. Существенным фактором выживания мха является стабильный режим влажности субстрата вследствие просачивания снизу водяного пара, интенсивность поступлений которого, по-видимому, коррелирует с выносом тепла.

Появление сосудистых растений на потоке, как и мхов, отмечено в 2008 г. В 2009 г. был проведен учет на 1000-метровом трансекте поперек потока. Помимо грибов на фрагментах древесных обломков, были встречены главным образом *Chamerion angustifolium*, *Poa malacantha*, *Betula ermanii*. Растения отмечены на 16% площадок, чаще всего встречался иван-чай (10% площадок). Пионерные растения были небольшими по высоте (5–20 см, изредка до 40 см) и создавали малое проективное покрытие (обычно менее 1% на площадках размером 1 × 1 м). Местами на пирокластике отмечены также *Salix udensis*, *Minuarcia macrocarpa*, *Chamerion latifolium*, *Calamagrostis* sp., *Artemisia opulenta*, *Stellaria eschscholtziana*.

Чем обусловлено появление тепловых пятен? После остановки потока идет интенсивное выделение вулканических газов из раскаленной пирокластике вместе с водяным паром, который бурно испаряется из мокрых подстилающих горизонтов (осевая часть потока 2005 г. перекрыла одно из русел р. Байдарной; вероятно, в зоне погребенного русла продолжается подток грунтовых вод). В результате образовались фумаролы, которые вынесли парогазовой продувкой тонкую фракцию материала из толщи отложений на поверхность. В разрезе они выглядят как вертикальные трубки дегазации, лишённые тонкой фракции и состоящие из гравийного материала. Вокруг их выхода на поверхности образуется “воротник” вынесенной тонкой фракции. По мере остывания фумаролы превращаются в тепловые пятна, излучающие пар и тепло.

Для сукцессий на безжизненных вулканических отложениях важнейшими препятствиями являются иссушение и уплотнение поверхностного субстрата, а также отсутствие источников питания (del Moral, Grishin, 1999). Несмотря на неблагоприятные экотопы открытой ветрам и инсоляции (иссушающим поверхностные горизонты) вулканической пустыни, пионерный мох нашел узкую, но приемлемую для заселения нишу. Другой мох, *Funaria hygrometrica*, заселил в виде ковра пирокластику по опушкам леса, погибшего от воздействия пирокластической волны (Гришин, 2008).

Старт первичной сукцессии растительности на горячем вулканическом субстрате – редкое природное явление. Так, отмечено заселение отдельными пионерами рыхлой осыпи на бортах неостывшего лавового потока вулкана Толбачик 10 лет спустя по-

сле извержения 1975 г. (Гришин, 1992). Пирокластические потоки катастрофических извержений вулканов Шивелуч (1964 г.) и Сент-Хеленс (США, 1980 г.), имели близкий к потоку 2005 г. объем отложений (около 0.3–0.5 км³), но, по-видимому, быстро остыли. Потоки пемзовидных андезитов 1964 г. на периферии зоны отложений были относительно маломощными (до 2–5 м), и в 1978 г. и 1995 г. мы зафиксировали их успешное зарастание. Мхи доминировали среди растений; так, *Polytrichum juniperinum* в 1995 г. был встречен на 50% учетных площадок; мох располагался между кусков окатанной пемзы (Гришин и др., 2000). Потоки вулкана Сент-Хеленс отложили материал в зоне горных ледников и, несмотря на исходно высокую температуру (The 1980 eruption..., 1981), по-видимому, также быстро остыли, поскольку повышенная температура не упоминалась как фактор среды 6 лет спустя после извержения (Wood, del Moral, 1988).

Существование кольцевых куртин мхов на пирокластическом потоке 2005 г. будет связано с режимом тепловых пятен. Вероятно, они станут одними из центров заселения исходно неблагоприятного вулканического субстрата.

Автор признателен В.Я. Черданцевой за определение образцов мхов, А.Б. Белоусову – за обсуждение специфики пирокластических потоков. Исследование выполнено при поддержке РФФИ (гранты № 10-05-01015 и 11-05-98604).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гирин О.А., Демянчук Ю.В., Мельников Д.В. и др. Пароксизмальная фаза извержения вулкана Молодой Шивелуч, Камчатка, 27 февраля 2005 г. // Вулканология и сейсмология. 2006. № 1. С. 16–23.
- Гришин С.Ю. Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Ботан. журн. 1992. № 1. С. 92–100.
- Гришин С.Ю. Поражение растительности в результате крупного извержения вулкана Шивелуч (Камчатка, 2005 г.) // Вестн. ДВО РАН. 2008. № 1. С. 45–52.
- Гришин С.Ю. Гибель леса на вулкане Шивелуч под воздействием палящей пирокластической волны (Камчатка, 2005 г.) // Экология. 2009. № 2. С. 158–160.
- Гришин С.Ю., Крестов П.В., Верхолат В.П., Якубов В.В. Восстановление растительности на вулкане Шивелуч после катастрофы 1964 г. // Комаровские чтения. Владивосток: Дальнаука, 2000. Вып. 46. С. 73–104.
- Гришин С.Ю., Гирин 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.
- del Moral R., Grishin S. Volcanic disturbance and ecosystem recovery // Ecosystems of Disturbed Ground. Elsevier, Amsterdam, 1999. P. 137–160.
- The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington: U.S. Geological Survey Professional Paper 1250, 1981. 844 p.
- Wood D.M., del Moral R. Colonizing plants on the pumice plains, Mount St. Helens, Washington // Am. J. Bot. 1988. V. 75. P. 1228–1237.