

Научные статьи

УДК 581.9 (571.63): 582.542.1

ВЛИЯНИЕ НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ИЗВЕРЖЕНИЯ ГРУППЫ ТУЙЛА НА КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКЕ (КАМЧАТКА)

© 2007 С.Ю. Гришин

*Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, 690022
e-mail: grishin@ibss.dvo.ru*

Рассматриваются последствия извержения побочного прорыва Ключевской сопки – группы Туйла. В 1932 г. на высоте около 500 м, в верхней части лесного пояса, произошло первое историческое латеральное извержение крупнейшего вулкана России. В течение года из трех центров извержений излились лавовые потоки, была извергнута тефра (вулканические бомбы, шлак, песок). Краткое полевое обследование района прорыва спустя несколько десятилетий позволило оценить результаты поражения и особенности восстановления растительности. В результате извержения лесная растительность погибла на площади около 4.5 кв. км, в том числе – в радиусе нескольких сотен метров от центров прорывов вследствие выпадения тефры. Необычной особенностью поражения древостоев из березы каменной была гибель деревьев при минимальной мощности выпавшей тефры – около 1 см, тогда как на Камчатке этот порог составляет обычно не менее 25 см. Обсуждаются возможные факторы поражения растительного покрова эксплозивной деятельностью, среди которых наиболее вероятны: прямое тепловое излучение от эруптивных центров, выпадение тефры в виде бомб, химическое отравление.

ВВЕДЕНИЕ

В январе 1932 г. в нижней части склона Ключевской сопки, крупнейшего вулкана России, началось первое историческое латеральное извержение. На склонах вулкана расположено множество конусов боковых прорывов, но все они образовались задолго до появления русских казаков на Камчатке, т.е., до XVII в. Прорыв образовался на высоте около 500 м над ур. м., в поясе горного леса, что является большой редкостью на Камчатке – центры большинства извержений находятся в высокогорной безжизненной местности. Извержение происходило недалеко от поселка Ключи, и потенциально могло ему угрожать. Извержение прорывов группы Туйла наблюдали камчатский натуралист П.Т. Новограбленов (1933а, 1933б) и геоботаник Г.И. Карев (1933). К исследованиям подключились и геологи (Кулаков, 1934), а затем неостывший прорыв с его лавовыми потоками, шлаковыми конусами и фумаролами стал своеобразным полигоном для

исследований вулканологов, организовавших вскоре в пос. Ключи первую в нашей стране вулканологическую станцию (Действующие..., 1991; Пийп, 1956).

Вулканические извержения, затрагивающие непосредственно «зону интересов» человека (его среду обитания, хозяйства) на Камчатке и Курилах – отнюдь не частое явление. XX век оказался богатым на такие события, в то время как в предыдущие два столетия их было немного. В XX веке на Камчатке произошли грандиозные извержения вулканов Ксудач, Безымянный, Шивелуч, Толбачик, крупное извержение вулкана Авачинский. Все они произошли в ненаселенной местности, ущерб человеку и хозяйственной деятельности был нанесен относительно небольшой, однако природный комплекс существенно пострадал на значительных территориях – леса на площади в сотни квадратных километров были полностью уничтожены и на еще большей территории в той или иной степени разрушены (Гришин, 2003). В аспекте исследования естествен-

ных процессов разрушения и восстановления природных экосистем каждое извержение представляет большой интерес. Автора в частности интересовало, как происходило поражение древостоев березы каменной — главной лесной породы Камчатки, как восстанавливались разрушенные сообщества. Ранее были получены данные по влиянию на растительность Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) 1975 г., причем спустя несколько лет после извержения, когда восстановительные смены только начинались. В данном случае после извержения прошло 56 лет, и можно было наблюдать продвинутые стадии сукцессии. При обследовании стояли следующие вопросы: каков масштаб поражения растительности, как связаны мощность тефры и уровни гибели / выживания доминантов растительного покрова, каковы факторы поражения и особенности восстановления растительности.

Доступность прорыва Туйла оказалась непростой. Полевую работу очень осложняла безводность местности, характерная для активных вулканов; выразительное описание этой проблемы встречаем у П.Т. Новограбленова (1929). Лишь работая на пешем маршруте, пересекавшем Ключевскую группу вулканов, автор достиг района извержения, двигаясь от альпийского пояса Ключевской сопки через прорыв Туйла и далее, через лесной пояс до пос. Ключи. В результате представилась возможность краткого обследования района прорыва.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЯ

Ключевской — наиболее мощный вулкан региона, самый высокий (около 4800 м) из активных вулканов Евразии (Действующие..., 1991). Северо-восточный сектор массива, занимаемый Ключевским вулканом, относится к району типично камчатского океанического комплекса лесов из березы каменной, стлаников и лугов.

Ключевской — молодой вулкан, он образовался около 6-7 тыс. лет назад. На склонах, крутизна которых меняется от 4° у подножий до 35° у верхней части конуса, располагаются около 80 побочных кратеров, образовавшихся за последние 4 тыс. лет. Из них излились базальтовые лавовые потоки, которые, переслаиваясь с чехлами пирокластики, образовали сплошные разновозрастные покровы в высотном интервале от 2000 м до 500 м (Действующие..., 1991). За исторический период 1697-1932 гг. вулкан извергался 38 раз; только из центрального кратера. Извержения были взрывными или эффузивно-взрывными, т.е. происходили преимущественно в виде выбросов раскаленной тефры (совокупность пепла, шлака,

лапилли и бомб), в меньшей степени — в виде лавовых излияний. Крупнейшими были извержения 1737, 1944-1945 и 1994 годов. Так, объем тефры, выпавшей в 1944-1945 г., достиг величины 0.6 км³ (Пийп, 1956).

Извержение 1932 г. началось достаточно внезапно. В течение года один за другим образовались три прорыва (рис.), названные вулканологами Киргурич, Туйла и Биокось (первые два были названы П.Т. Новограбленовым сначала «Пацан» и «Фаина», соответственно). Киргурич извергался с 25 января по 25 мая, Туйла — с конца июня до начала ноября, Биокось — с 13 ноября (Пийп, 1956). Центры прорывов представляли собой конусы тефры, выросшие на месте трещин, из жерла которых с грохотом и ревом вырывалась смесь газов и раскаленных вулканитов. Тефра разлеталась в радиусе 1-2 км в виде вулканического шлака, песка, лапилли и бомб. Размеры конусов были значительными: у Туйлы, например, он достигал 50 м в высоту и 160 м в диаметре. После взрывного этапа (по 2.5 недели у Киргурича и Туйлы) у каждого прорыва начинался эффузивный: в итоге 3 излившихся потока лавы имели длину до 4 км, суммарная площадь их составила 4.1 км² при средней мощности потоков 20-25 м. Состав лавы — оливиново-пироксеновый базальт (Пийп, 1956). По суммарным объемам изверженных вулканитов это извержение относится к относительно небольшим. Объем тефры составил 6 млн. м³, лавы — 90 млн. м³ (Действующие..., 1991). Для сравнения, при образовании Северного

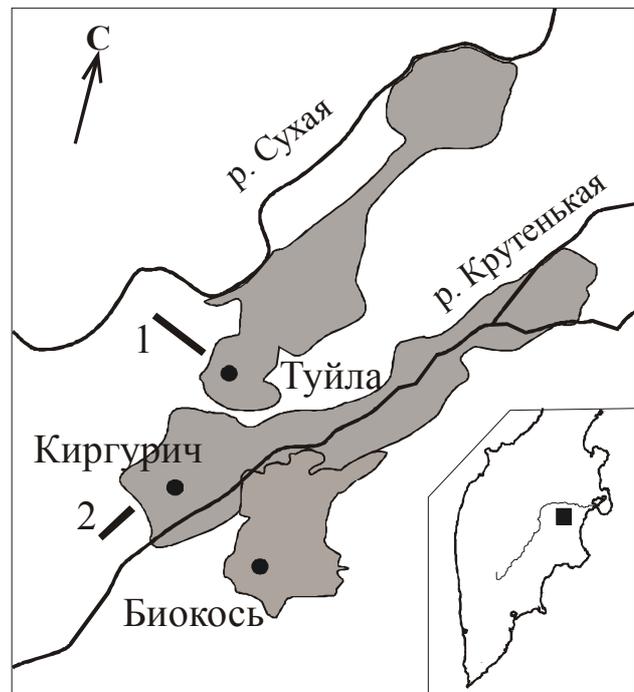


Рис. Район работ. Номерами обозначены трансекты, точками — центры прорывов, темными контурами — лавовые потоки.

прорыва БТТИ 1975 г. также образовались 3 конуса, однако размер их был существенно больше – до 300 м высотой и 1 км в диаметре; площадь лавовых потоков составила около 9 км², объем эффузивов – 223 млн. м³, а тефры – 954 млн. м³ (Действующие..., 1991). После завершения извержения прорыва группы Туйла ряд лет продолжались постэруптивные процессы (фумаролы и др.).

МЕТОДИКА

Обследовать удалось районы прорывов Киргурич и Туйла, расположенных на левом берегу р. Крутенькой (рис.). Сразу было выявлено, что пространственный диапазон, в котором «выпали» доминанты лесной растительности, в первую очередь береза каменная, совсем небольшой – несколько сотен метров. Далее располагались живые деревья, пережившие извержение. После осмотра территории был заложен трансект от прорыва Туйла в направлении г. Туйла (азимут 285°), по градиенту уменьшения мощности тефры. Было описано 10 точек, располагающихся на расстоянии 50 м друг от друга. Трансект шел почти от края лавового потока. Он был заложен приблизительно на одном высотном уровне, в условиях пересеченного рельефа, наследовавшего неоднородности древних (возраст вероятно не менее 3-4 тыс. лет) лавовых потоков. Для контроля мы заложили второй трансект, идущий от прорыва Киргурич в сторону вершины Ключевской сопки (азимут 220°) и направленный также по градиенту убывания мощности тефры.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Высотная поясность растительности Ключевской группы вулканов была описана автором (Гришин, 1996). В северо-восточной части массива, где располагается прорыв Туйла, приблизительно до 500 м н.у.м. поднимается лесной пояс, представленный лиственными лесами преимущественно из березы каменной *Betula ermanii* (названия растений приводятся по (Определитель..., 1982)). В интервале 500-700 м располагается экотон между лесным и субальпийским поясом. Субальпийский пояс, представленный главным образом стланиками и субальпийскими лугами, достигает необычно большой ширины – до 4-5 км, и поднимается приблизительно до 1000 м. Выше располагается пояс альпийской растительности, о которой почти нет данных. Субальпийская растительность, находящаяся на контакте с лесной, была 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 pumila*. Все это комбинировалось с высокотравными и разнотравными лугами. Ольховник до извержения был представлен подлеском под пологом березняков и куртинами между языками и островками леса.

ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗВЕРЖЕНИЯ

В пределах 500 м длины трансекта I мощность тефры падает от 41 см до 1-2 см, причем в начале это грубый темный шлак, в конце – вулканический песок. Сверху тефра Туйлы была перекрыта светлым пеплом вулк. Безымянный (извержение 1956 г.), мощностью 5-7 см. Между ними на тт. 4-6 (200-300 м от начала трансекта) отмечена погребенная дернина мощностью 2-3 см; поверх пепла Безымянного образовалась новая дернина, мощностью от 1-2 до 5-6 см.

Рассмотрим далее изменения в растительном покрове для наглядности по ярусам: древесному, кустарниковому, травянистому. На всем протяжении трансекта наблюдались мертвые стволы березы каменной, имеющих средний диаметр 30-40 см (нередко более 50 см), причем ближе к началу трансекта это был чаще валеж, а далее – единичные стоящие останки стволов; к концу трансекта число их и степень сохранности увеличивались. В конце трансекта (т. 10) наряду с сухими стволами появились и выжившие деревья. Молодые березы начали встречаться на расстоянии 300-400 м от начала профиля. Так, на т. 7 (мощность тефры – 4 см) березка диаметром 9 см имела возраст 28 лет, т.е. поселилась приблизительно 25 лет спустя после извержения.

В начале трансекта, в пределах первых 50-100 м, где наблюдаются максимальные отложения грубого шлака (мощность 41-30 см), кустарниковый ярус был полностью разрушен, новые растения не поселились. На шлаковых пустошах встречаются только несомкнутые куртинки травянистых растений. Из древесных растений в начальной стадии сукцессии здесь поселилась ива *Salix caprea* (высотой до 6-7 м, диаметр стволов до 14 см, возраст 40 лет, т.е. поселилась примерно через 12-14 лет после извержения). Ивы имеют треснувшие стволы, выглядят большими. Единично встречается подрост тополя *Populus suaveolens* высотой до 1 м. Ольховник – доминант субальпийского пояса (сменяющего на данном высотном уровне лесной пояс) – в основном погиб. В пределах трансекта он начинает существенно появляться в 150 м от края лавового потока, покрывая здесь до 30 % площади. Ольховник представлен отдельными кустами высотой до 2-3 м, диаметр ветвей – 4-5 см, возраст 13-15 лет. Эти характеристики сохраняются и далее, на протяжении 200 м; участие в покрове от

отдельных кустиков до покрытия 30–40%. Единично встречаются кустики рябины кустарниковой до 1.5–2 м высотой. На расстоянии 350 м от начала трансекта (т. 7) условия стали щадящими для поселения древесных растений значительно раньше: ольховник поселился через 12–13 лет после извержения, к 1988 г. высота его зарослей достигала 4–5 м, а диаметр ветвей – 10 см. Выживший ольховник встречается в конце трансекта (начиная с т. 10), здесь он достигает высоты 5–6 м и диаметра ветвей – 10–15 см.

Травяной ярус на шлаковых пустошах начала трансекта был не сомкнут (покрытие до 30%), т.е. находился в начальной стадии формирования, представлен небольшими куртинами из иван-чая *Chamerion angustifolium*, вейника *Calamagrostis purpurea*, полыни *Artemisia arctica*, волжанки *Aruncus dioicus*, хвоща *Equisetum pratense*. Далее по трансекту (тт. 2–4) куртины сменяются относительно сомкнутой луговой растительностью, проективное покрытие которой 70–90%, высота травостоя от 0.5 до 1.5 м. Здесь присутствуют луговые виды – мытник *Pedicularis resupinata*, анафалис *Anaphalis margaritaceae*, чемерица *Veratrum oxysepalum*, соссюрея *Saussurea pseudo-tilesii*, золотарник *Solidago spiraeifolia*, осоки *Carex* spp. при доминировании иван-чая. По мере удаления от начала трансекта постепенно добавляются кустики смородины *Ribes triste* и шиповника *Rosa amblyotis*. Растения часто встречаются куртинками (полынь, иван-чай, волжанка, вейник); встречающиеся участками шлаковые пустоши покрывают латки лишайников. Приблизительно с середины трансекта луговая растительность становится сомкнутой (покрытие – 100%), начинает доминировать высокотравье: борщевик *Heracleum dulce*, волжанка, с участием луговых видов (иван-чай, мытник, полынь, соссюрея, подмаренник *Galium boreale*, сарана *Lilium debile*, чина *Lathyrus pilosus*, хвощ, кровохлебка *Sanguisorba officinalis*, герань *Geranium erianthum*, василистник *Thalictrum minus*, вейник, осоки, местами – ирис *Iris setosa*). Кустарники здесь встречаются также довольно значительно, покрывая иногда до 50% поверхности. Наиболее обычны шиповник, кусты ольховника, и местами особенно обильна кустарниковая рябина.

Второй трансект был заложен для контроля; он был направлен от края потока Киргурич. Здесь падение мощности тефры было еще более резким: если в 100 м от края потока было отмечено 8–10 см грубого, размерностью до 3–4 см шлака, то еще через 100 м слой тефры выклинивался до 1 см и состоял из грубого песка. Еще через 50 м прослойка тефры практически исчезала и появлялись первые выжившие деревья. Таким образом, от края лавового потока весь диапазон поражения / выживания занимал 250 м, а от кратера – не более 350 м.

Необычным на данном прорыве был малый радиус зоны гибели растительности – до 500 м, а на отдельных направлениях – и до 300 м. Это объяснимо относительно небольшой мощностью воздействия. Сложнее объяснить гибель крупных деревьев при мощности отложенной тефры в 1(!) см. Нами обследованы районы всех крупных пеплопадов XX века на Камчатке, повреждавших лесную растительность (Гришин, 2003). Там были установлены пороги, при которых происходила гибель березы каменной. Так, после извержения вулк. Ксудач (1907 г.) этот порог совпадал с уровнем 30–70 см мощности отложенной дацитовой пемзы (Гришин и др., 1997; Grishin et al., 1996). При изучении лесов после извержения вулк. Авачинский (1945 г.) нам не удалось обнаружить зону полного поражения даже при мощности 50 см базальтовой тефры. При извержении вулк. Шивелуч в ноябре 1964 г. критическим уровнем для гибели березового древостоя была мощность отложений 27 см (Гришин и др., 2000), при извержении Северного Толбачинского прорыва (1975 г.) – 25 см (Гришин, 1996). К сожалению, после перечисленных пеплопадов прошло несколько десятилетий, очевидцев гибели лесов не было, поэтому восстановить детали и причины поражения невозможно. Лишь в районе БТТИ автору удалось поработать «по свежим следам», 3 года спустя после извержения, и сделать ряд наблюдений (часть из них изложена в виде описаний лесных сообществ (Сидельников, Шафрановский, 1981: стр. 115–125)). Там же, в субальпийском поясе Толбачика, через 9 лет после пеплопада удалось путем анализа древостоя выявить, что выпадение даже 2–3 см тефры приводило к усыханию существенной части древостоя подгольцовых каменноберезняков (Гришин, 1996). На основании работ на Толбачике было выявлено, что тефра в виде тонкого пепла, осаждающаяся в условиях морозящих дождей на облиственной кроне дерева, приводит к очень высокой нагрузке и вызывает обламывание ветвей, изгибание стволов молодняка, особенно загущенных древостоев. Но как объяснить, что в районе прорыва Туйла при ничтожной мощности отложений погибли крупные деревья? Сходным для извержений Северного прорыва БТТИ и Туйлы было то, что они произошли летом, в вегетационный сезон; различным был характер засыпания тефрой. В районе Толбачика пеплопады воздействовали на каменноберезняки на расстоянии до 15 и более км от центра извержения, поскольку тонкая тефра выпадала из мощного эруптивного столба; в районе Туйлы радиус выброса тефры был небольшим. Сравнение с другими районами (Ксудач, Авачинский, Шиве-

луч) говорит о том, что в зимних условиях летнезеленые древесные растения менее подвержены отрицательному воздействию пеплопада: деревья находятся в спящем состоянии, без листвы; возможно, отчасти защитную роль играет снег на кроне.

Определенные подсказки дают наблюдения очевидцев извержения. П.Т. Новограбленов (1933б) сообщает, что по свидетельству первых очевидцев, 3 дня спустя после начала извержения Киргурича («Пацана») «заросли ольховника и березовый лес представляли собою кладбище леса. ... В 100 м от кратера ... жар жег лицо» (с. 390). Летом он уже сам наблюдал, как лавовый поток Киргурича, «пройдя по березовому лесу, не вызвал пожара; крупные березы были придавлены глыбами лавы и засыпаны шлаками по бокам потока, причем обугленных деревьев обнаружено не было» (с. 392). «Фаина выкидывала ... шлак, очень легкий, падавший на пространстве до 2 км от кратера... В радиусе до 500 м листва деревьев пожелтела. ... Падая дождем лапилли и мелких кусочков шлака, совершенно холодных, легких» (с. 395). «Упавшие ... бомбочки принудили убежать под защиту старой, разбитой уже бомбами березы. ... Прямо к ногам упала бомбочка, зажегшая корни моей березы» (с. 396).

Г.И. Карев (1933) пишет: «До огнедышащей Фаины оставалось не более 1 км. Слева от нас, через деревья с желтой съезжившейся от жары и газовой листвой, высилась гряда потока лавы Пацана... Смерд, жара и резкие газы разжигали жажду... Всюду чувствовался резкий запах серы и соляной кислоты» (с. 405). О древесной растительности недалеко от лавового потока он пишет, как о «хаосе вывороченных деревьев с полуобгоревшими поломанными ветвями» (с. 406). «Отдельные бомбы взлетали до высоты 800-1000 м» (с. 407).

В.С. Кулаков (1934) записал, что из шлаков местами видны пни берез. С удалением от прорыва появлялись голые стволы берез, затем поломанный ольховник и березы с частично поломанными ветвями. Таким образом, ясно виден определенный ряд по степени разрушения деревьев бомбами. Кулаков отметил, что в различных местах на фумарольных площадках поднимался сизоватый дым, состоящий предположительно из паров NH_4Cl и HCl .

Судя по приведенным свидетельствам, деревья и кустарники испытывали сильнейший тепловой шок. Растения не выдерживают столь мощное термическое воздействие. Так, у ели аянской уже при 50-52°C происходит коагуляция протоплазмы (Золотарев, 1971, цитируется по (Манько, 1987)). В ряду других опасностей экстремально высокой температуры для растений — иссушение, ожоги, разрушение хлорофилла, необратимые расстройства физиологических процессов, тепловая денатурация белков (Горышина, 1979). Как действует сверх-

высокая температура на древесные растения, нам довелось увидеть недавно на вулк. Шивелуч. В конце зимы 2005 г. там произошло мощное извержение с выбросом огромного раскаленного пирокластического потока, который прошел по долине р. Байдарной. Хвойный лес, росший по бортам долины, испытал опаливание раскаленной волной из пеплово-газовой смеси, температура которой, по оценке вулканологов (О.А. Гирина, личное сообщение), достигала 900°C. В августе 2005 г., мы отметили, что лес усох на расстоянии 100-200 м от края потока. Ели и лиственницы не имели видимых повреждений, хотя отдельные деревья на краю леса сторели. Лишь на белой коре у деревьев березы каменной близ потока был четко виден след обжигания со стороны движения раскаленной волны (сверху).

Таким образом, намечаются следующие факторы гибели древесной растительности: бомбопад и пеплопад, термическое обжигание и иссушение листвы, ветвей и стволов, воздействие агрессивных газов, вероятное изменение химизма почв. Первый фактор — бомбардировка бомбами и крупными лапилли и шлаками — действовал на расстоянии первых сотен метров, по видимому, в пределах около 200 м по профилю нашего трансекта. Далее по профилю более тонкая тефра могла действовать разрушительно, цементируясь на листве и ветвях деревьев и кустарников, приводя к их обламыванию. Самым необычным фактором была термическое обжигание растений. Отметим, что упомянутый выше жар, который «жег лицо», отмечался в пик зимы (28 января), когда средняя температура воздуха, с учетом высотного температурного градиента, опускается ниже -20°C. Какая-то часть древесной растительности пострадала и непосредственно от раскаленных бомб. Но главным был мощнейший источник высоко-температурного излучения от эруптивных центров, а также (в меньшей степени) лавовых потоков. Кроме того, в районе извержения сформировалась термическая аномалия, которая существовала длительное время (возможно, несколько лет), и повышение температуры воздуха не могло не сказаться на ритмах развития древесных растений.

Существенно, что лавовый поток не только не вызвал пожара, но и не приводил к обугливанню стволов березы, с которыми край потока вступал в контакт. Ситуация на первый взгляд парадоксальная: с одной стороны раскаленная до 1000° текущая лава, а с другой стороны — древесина. На самом деле, динамичная текущая часть потока покрыта с боковых сторон и сверху глыбами остывающей лавы; в результате в нескольких метрах от борта очень медленно движущегося лавового потока можно не ощущать повышенную температуру, как мы наблюдали это во время извержения вулк. Карымский (восточная

Камчатка) в 1997 г. (Grishin et al., 2000). В случае же, если лава, как на Гавайях, состоит из жидкого, текучего раскаленного базальта, происходит частичное обугливание стволов, коры березы в месте примыкания к лаве. Автор наблюдал это на лавах Северного прорыва Толбачинского извержения 10 лет спустя после извержения 1975 г. Судя по фотографиям вулканологов, локальные пожары неоднократно отмечалось во время БТТИ (Действующие..., 1991). Возгорание происходило на контакте с легковоспламеняемой растительностью: зарослями кедрового стланика, лиственничниками с лишайниками и багульником *Ledum* spp. в нижнем ярусе.

Сказывались ли климатические экстремумы на поражении растительности? По-видимому, в 1932 г. их не было. Средняя температура воздуха на метеостанции «Ключи» в июле 1932 г., по изученным архивным данным метеослужбы Камчатки, составляла 14.7°C, что точно соответствует среднему многолетнему значению (Справочник..., 1966), а среднегодовая температура 1932 г. была ненамного ниже средней многолетней (-1.8°C и -1.2°C, соответственно). Теплового индекса Т. Кира (Kira, 1977), показывающий теплообеспеченность вегетационного периода, составляет для июня-сентября 1932 г. +26.2°C, при среднем многолетнем значении +27.9°C (Гришин, 1996: таб. 1, рис. 18). Между тем исследованная территория расположена на верхнем пределе сомкнутого леса, а предел этот лимитируется в основном уровнем теплообеспеченности. Возможно, часть пострадавших, но выживших деревьев не перенесла крайне холодного сезона 1947 г., когда K_{Kira} был равен 20.8°C, а средняя температура самого теплого месяца опустилась до 12.0°C (наиболее низкие показатели за период наблюдений 1909-1985 гг.), что с учетом высотного градиента означает 10°C для района извержения. Порог в 10°C – известный климатический рубеж, совпадающий с пределом существования лесной растительности (как в горах, так и в Субарктике). Отметим, что поселение древесных растений, как упомянутой выше березки на т. 7 трансекта, совпадает с теплыми сезонами 1956-1959 гг. (K_{Kira} соответственно: 29.6°C, 31.2°C, 30.4°C, 32.3°C, а среднеиюльская температура достигала в 1957 и 1959 г.г. рекордного значения +17.3°C).

Таким образом, 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 постепен-

ному уменьшению числа погибших древесных растений с удалением от центров извержения. Отмирание деревьев, вероятно, происходило в три временных ряда:

1. В первые дни/недели (главным образом, из-за бомбопада);
2. В первый сезон/год (из-за термического, химического, механического поражения);
3. В течение ряда лет/первых десятилетий после извержения (постепенное отмирание частично пораженных деревьев после внешних воздействий – погодных экстремумов, навалов снега, обледенений кроны, пеплопадов, нападений вредителей и т.д.).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

При изучении восстановительных смен используют понятия первичной и вторичной сукцессии (Миркин и др., 1989). Первая начинается на новом субстрате, развитие экосистемы начинается «с нуля», вторая – происходит в условиях, когда восстанавливающиеся или поселяющиеся растения используют семена, зачатки, части сохранившихся растений, а также питательные ресурсы почвы. Подробно понятия разобраны нами на примере сукцессии, следовавшей после извержения вулкана Ксудач (южная Камчатка) в 1907 г. (Гришин и др., 1997; Grishin et al. 1996).

В данном случае можно говорить об условно первичной сукцессии в зоне, примыкающей к прорыву (первые 50-100 м). Здесь, в условиях относительно мощного слоя тефры (до 40 см и более, учитывая пепел вулк. Безымянный), перекопанную почву, и мощных вулканогенных факторов, уничтоживших древесную растительность, сукцессия начинается как первичная, имитируя ее (в том числе демонстрируя сложность поселения и закрепления растений на голой тефре – первично неблагоприятном субстрате с точки зрения водообеспечения, минерального и азотного питания). Однако как только древесные растения достигают корнями погребенной почвы, ситуация преобразуется, и деревья и кустарники начинают быстро расти, не испытывая угнетения (что обычно бывает при первичной сукцессии). Слой тефры мощностью в 40 см, явное химическое воздействие и возможно другие неблагоприятные факторы, не позволили, по-видимому, сохранить в этой зоне банк семян растений травяно-кустарничкового яруса, а также помешали многолетним растениям прорасти через тефру. Однако на небольшом удалении от центра извержения, в зоне, где мощность тефры резко падает (до 15 см и менее), это произошло достаточно быстро, и на расстоянии 150 м от прорыва травостой высотой до 1 м покрывает до 90% поверхности, что говорит о

том, что он частично восстановился. Таким образом, здесь уже явно выражена зона вторичной сукцессии. Заселение ее ольховником идет достаточно быстро, а заселение березой – вопрос времени. В настоящее время выросшие березы расположены так, что демонстрируют случайный характер поселения. Вероятно, захватившая пространство травяная растительность и постепенно сменяющий ее ольховник будут серьезным препятствием для поселения березы.

На лаве Туйлы было отмечено небольшое количество поселившихся растений, среди них: иван-чай, камнеломка *Saxifraga chlerlerioides*, тополь, ольховник. Куст последнего имел высоту 1.5 м, диаметр ветвей – 2 см, возраст – 15 лет. Растения селились в трещинах и полостях, где скапливался мелкозем, древесный мусор и другая органика, имелся доступ к местам аккумуляции влаги. Распределение растений на лаве было редким и случайным. Это было похоже на заселение растениями гладкой лавы типа «пахоехое», которое мы наблюдали на потоках Толбачинского дола, имевших возраст около 500 и 1000 лет (Гришин, 1992).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извержение прорыва Туйла демонстрирует необычное сочетание факторов поражения типичной камчатской растительности – при низкой эксплозивности извержения на древесную растительность воздействовали термический, химический и механический факторы. Низкое высотное положение прорыва привело к гибели окружающую лесную растительность в результате прямого теплового и химического воздействия из эруптивных центров. Аналогов в исторический период на Камчатке этому извержению не было. Некоторое подобие характера воздействия на растительность демонстрировали извержения кратера Былинкиной (Ключевская сопка, 1951 г.) и Северный прорыв Толбачинского извержения (1975 г.). Однако оба центра последних извержений находились выше границы леса (примерно на выс. 950 м над ур.м.), и растительность (лесная на Толбачике, лугово-ольховостланиковая в районе кратера Былинкиной) пострадала в основном от механического воздействия тефры.

Территория вокруг прорыва Туйлы, опустевшая после извержения, будет зарастать до первоначального состояния в течение нескольких столетий на шлаковых пустошах и нескольких (1.5.-2) тысячелетий на лаве, если развитие не прервется новым катаклизмом. Умеренные извержения будут способствовать ускорению сверхмедленной сукцессии на лаве, создавая более благоприятный субстрат для поселения растений.

Каждое извержение, явно воздействующее на биоту, является уникальным событием, требующим комплекса исследований. Задача исследователей – не пропустить эти удивительные природные явления. Здесь нельзя не отметить самоотверженность камчатского натуралиста П.Т. Новограбленова, дважды побывавшего на прорыве и опубликовавшего статьи об этих событиях. Замечательный исследователь трагически погиб через несколько лет после извержения 1932 г. Настоящая публикация – дань его памяти.

Список литературы

- Горьшина Т.К.* Экология растений. М., Высшая школа, 1979. 368 с.
- Гришин С.Ю.* Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Ботанический журнал. 1992. № 1. С. 92-100.
- Гришин С.Ю.* Растительность субальпийского пояса Ключевской группы вулканов Владивосток: Дальнаука, 1996. 156 с.
- Гришин С.Ю.* Крупнейшие вулканические извержения XX столетия на Камчатке и Курильских островах и их влияние на растительность // Известия Русского Географического общества. 2003. Т. 135. Вып. 3. С. 19-28.
- Гришин С.Ю., Крестов П.В., Верхолат В.П.* Влияние катастрофического извержения вулкана Ксудач (Камчатка, 1907 г.) на лесную растительность // Комаровские чтения. Вып. XLIII, Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 210-244.
- Гришин С.Ю., Крестов П.В., Верхолат В.П., Якубов В.В.* Восстановление растительности на вулкане Шивелуч после катастрофы 1964 г. // Комаровские чтения, вып. XLVI. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 73-104.
- Действующие вулканы Камчатки / Отв. ред. академик Федотов С.А. М.: Наука, 1991. Т.1. 302 с.
- Карев Г.И.* «Пацан» и «Фаина», новые паразиты Ключевского вулкана // Изв. ГГО. 1933. Т. LXV. Вып. 5. С. 404-407.
- Кулаков В.С.* Паразитные кратеры, возникшие в 1932 г. у подножья Ключевского вулкана на Камчатке // Записки Ленинградского горного института. 1934. Т. VIII. С. 17-30.
- Манько Ю.И.* Ель аянская. М.: Наука, 1987. 280 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с.
- Новограбленов П.Т.* Среди гигантов (путешествие вокруг Ключевского вулкана в 1927 г.) // Изв. ГРГО. 1929. Вып. 1. С. 25-39.
- Новограбленов П.Т.* Извержение паразитного кратера Ключевского вулкана // Изв. ГГО. Т. LXV. Вып. 1. 1933а. С. 52-54.

- Новограбленов П.Т.* Извержение Пацана и Фаины на Камчатке // Изв. ГГО. Т. LXV. Вып. 5. 1933б. С. 387-401.
- Определитель сосудистых растений Камчатской области. М.: Наука, 1982. 412 с.
- Пийн Б.И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1945 гг. и в прошлом // Тр. Лаб. вулканологии. 1956. Вып. 11. 309 с.
- Сидельников А.Н., Шафрановский В.А.* Влияние извержения вулкана Толбачик 1975-1976 на растительность // Лесоводственные исследования на Сахалине и Камчатке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1981. С. 107-144.
- Справочник по климату СССР. Вып. 27. Камчатская обл. Л.: Гидрометеиздат, 1966. Ч. 2. 184 с.
- Grishin S. Yu., Moral R., Krestov P. V., Verkholat V. P.* Succession following the catastrophic eruption of Ksudach volcano (Kamchatka, 1907) // Vegetatio. 1996. Vol. 127. P. 129-153.
- Grishin S. Yu., Krestov P. V., Verkholat V. P.* Influence of 1996 Eruption in the Karymsky volcano group, Kamchatka, on vegetation // Nat. Hist. Res. 2000. № 7. P. 39-48.
- Kira T.* A climatological interpretation of Japanese vegetation zones / Miyawaki A., Tuxen R. (eds.) Vegetation science and environmental protection, Tokyo: Maruzen Co., Ltd, 1977. P. 21-30.

INFLUENCE OF THE ERUPTION OF THE TUYLA GROUP ON THE VEGETATION OF THE KLYUCHEVSKAYA SOPKA (KAMCHATKA)

S.Yu. Grishin

*Institute of Biology and Soil Science, Vladivostok, 690022, Russia
e-mail: grishin@ibss.dvo.ru*

In this article are considered the after-effects of lateral eruption of Klyuchevskaya Sopka volcano (Tuyla group). In 1932 there was the first lateral eruption in history of the largest volcano of Russia at altitude about 500 m above sea level. The tephra (volcanic bombs, scoria and sand) was being erupted and lava flows were effused from three erupting centres during a year. Short field investigation of the area a few decades later allowed estimating the effect of the eruption and features of vegetation recovery. As a result of the eruption the forest vegetation was vanished from the area of 4.5 sq. km. Also the forest vegetation was vanished from the few hundred meters in a radius around the centres of eruption. The unusual feature of stone birch stand damage was destruction of trees under minimal level of deposited tephra about 1 cm thick, while the threshold of deposited tephra is 25 cm at the researched Kamchatka volcanoes.

As well possible factors of vegetation damaged by eruption discussed here; most probable among them are: direct heat radiation from erupting centres, the eruption of tephra in the form of volcanic bombs, chemical poisoning.