

УДК 581.524.323(571.645)

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА АЛАИД (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) В 1972 г. НА ЭКОСИСТЕМЫ

© 2009 г. С. Ю. Гришин, А. Н. Яковлева, С. А. Шляхов

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, 690022

Поступила в редакцию 30.11.2007 г.

В 1972 г. произошло необычное извержение острова-вулкана Алаид – крупнейшего и наиболее активного вулкана Курильских островов. Центр извержения находился почти на берегу Охотского моря. В результате излияния лавовых потоков в море возникла новая территория. Другими заметными событиями извержения было образование взрывных воронок, шлакового конуса и мощный пеплопад. В результате пеплопада на существенной части острова погибла растительность. В 2006 г. обследован район поражения и изучено начавшееся восстановление растительного покрова, а также впервые изучены почвы острова. Показаны масштабы поражения растительности, основные факторы, определяющие характер и уровень поражения, а также намечены некоторые черты восстановительных смен. В целом, растительный покров разрушен и изменен на площади около 8 км². Растительный покров территории о. Атласова окажется измененным на период от нескольких десятилетий до первых столетий (зона пеплопада) и даже первых тысячелетий (лавовые потоки). Извержение, помимо разрушений, увеличило площадь острова, создало новые экосистемы и в определенной мере увеличило разнообразие растительного покрова за счет включения серийных сообществ.

ВВЕДЕНИЕ

Летом 1972 г. на северо-западном склоне вулкана Алаид, крупнейшего вулкана Курильских островов, произошло неординарное извержение. Необычным было положение центра извержения – у подножия вулкана, поблизости от берега моря. В результате извержения возникла новая суша, площадь острова увеличилась. На существенной части территории погибла растительность. В образовавшейся вулканической пустыне и на новообразованной территории начались восстановительные смены растительности (сукцессии). Извержение было изучено вулканологами [1, 2, 6, 11, 14, 19], но воздействие на экосистемы никогда не изучалось. В 2006 г. мы обследовали район поражения и изучили начавшееся восстановление растительного покрова (РП), а также почвы острова. Ранее, в 2004 г. мы кратко обследовали район прорыва Такетоми (восточное побережье). В этой статье приводятся масштабы поражения растительности, основные факторы, определяющие характер и уровень поражения, а также намечены некоторые черты восстановительных смен.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Необитаемый остров Атласова, самый северный из Курильских островов, представляет собой величественный конус стратовулкана с обширными пологими подножиями и открытой на юг вершиной. Площадь острова около 150 км², он угловато-округлый в плане, в поперечнике достигает 18 км. Вулкан Алаид – высшая точка архипелага; высота над

уровнем моря – 2339 м. Вулкан относится к наиболее активным на Курилах. Он действует около 60 000 лет со средним расходом магмы 8 млн. т/г, что составляет 10% от всех курильских вулканов [12]. Крупнейшие извержения произошли в 1793, 1854, 1860, 1933–1934, 1972, 1981 гг. [17]. Последнее из них – извержение 1981 г. – отличалось сильными взрывами, мощной пепловой тучей; из центрального кратера извергнуто 550 млн. м³ пирокластики [18]. Продуктами извержений являются преимущественно базальты. Большинство исторических извержений происходили из центрального кратера, однако вулкан имеет и побочные конусы, значительная часть которых (22 из 32 конусов) располагается на высоте до 300 м над у. м. [1]. Из исторических извержений только два произошли у подножия вулкана – прорыв Такетоми (1933–1934 гг.) и прорыв Олимпийский (1972 г.), причем первый из них произошел в море на расстоянии около 1 км от восточного берега острова. Оба являются уникальными – подобных в последние столетия на Курилах и Камчатке не отмечено.

Климатические данные для острова неизвестны. Судя по данным для соседних островов Парамушир и Шумшу [15], вегетационный сезон на Северных Курилах достаточно продолжительный, однако лето холодное (средняя температура наиболее теплого месяца около 11°C, сумма дневных положительных температур более 10°C равна 550–600°C), с большим количеством осадков (1200–1300 мм в год). Спецификой природных условий района является мощный снеговой покров, остатки которого на вулкане Алаид выражены даже в разгар лета. В се-



Рис. 1. Наиболее крупная взрывная воронка 1972 г. Внутренние стенки и днище свободны от растений. Здесь и далее фото С.Ю. Гришина.

редине августа 2006 г. отдельные снежники длиной до 50 м располагались в руслах ручьев на высоте всего лишь 100 м над у.м., а выше 400 м над у.м. по распадам ручьев мощные снежники тянулись на километры вверх.

О растительном покрове (РП) острова известно немного. Японскими и российскими специалистами исследовалась лишь флора (совокупность растений). Можно выделить следующие основные этапы и результаты изучения флоры сосудистых растений о. Атласова: 1) Японский период (до 1945 г.) – выявлено 125 видов растений [21]; 2) Советский период – список увеличился до 160 [7], затем до 178 видов [3]; 3) Исследования международной экспедиции ИКР (1994–2000 гг.) увеличили число видов до 199 [4]. По кратким описаниям [3, 4, 21] можно судить о том, что в РП преобладают заросли ольхового стланика, кедровый стланик отсутствует. Почвенный покров острова не изучался.

Характер извержения. Извержение произошло в период 18.06–11.09.1972 г. [2]. В ходе извержения на берегу острова образовалась серия взрывных воронок (мааров), в том числе 3 крупных (одну из них надо признать огромной: диаметр около 500 м, глубина – до 50 м) (рис. 1). Продукты взрыва были вынесены на поверхность в виде разнородного обломочного материала – от дресвы и щебня до глыб и валунов, которые покрыли поверхность на расстоянии нескольких сотен метров от воронок. Затем в одной из воронок образовался центр эксплозивно-

эффузивного извержения. В результате извержения вырос шлаковый конус, имевший высоту 80 м и диаметр основания до 500 м. Из конуса на северо-запад вытек огромный лавовый поток. Поток (комплекс потоков) крупнообломочной лавы достиг берега и затем внедрился на 300 м в море, образовав новый, пальчато-округлый в плане, полуостров площадью около 0.72 км² [2]. Второй небольшой лавовый поток вытек с противоположной стороны, обогнув восточный и северный склоны конуса. Во время эксплозивного этапа извержения тефра, включая бомбы диаметром до 1.5 м, выносилась мощными продувками газа, имевшего температуру более 1000°C и скорость до 165 м/с [19]. Тефра выбрасывалась во всех направлениях, но основной ее объем на суше отложился в северо-восточном направлении, на расстоянии до 5 км. Пепел был отмечен на Камчатке, в 110 км от Алаида. Весь ювенильный вулканический материал (лава и тефра) по петрохимическим особенностям относится к высокоглиноземистым базальтам, тогда как среди обломков материала, вынесенного из воронок взрыва, представлены породы фундамента вулкана: андезиты, дациты, липариты [11]. Общий объем изверженных вулкаников составил около 150 млн. м³, в том числе 100 млн. м³ пирокластики [2, 11], которая покрыла примерно 15 км², вызвав поражение растительности на обширной территории. По данным очевидцев извержения, ольховник высотой 2.0–2.5 м на расстоянии 1.5 км к востоку от прорыва был полностью погребен [11].

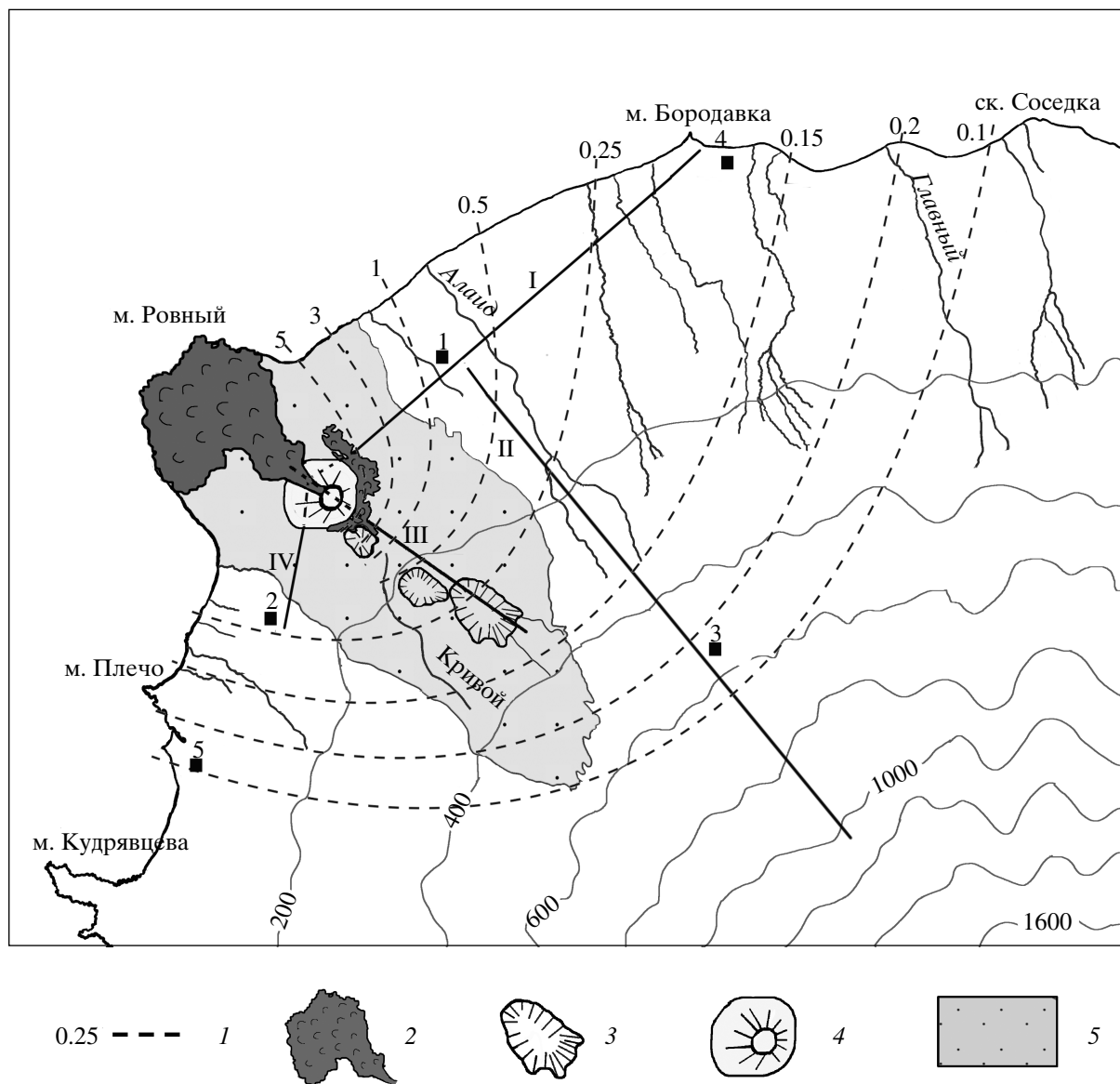


Рис. 2. Карта-схема района Олимпийского прорыва. 1 – изопакиты тефры, мощность, м (по Авдейко и др., 1974, с дополнениями); 2 – лавовый поток; 3 – эксплозивные воронки; 4 – шлаковый конус; 5 – вулканическая пустыня. Римскими цифрами обозначены геоботанические трансекты, арабскими – почвенные разрезы.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для анализа поражения и восстановления РП через выбранные по аэрофотоснимкам участки закладывались геоботанические трансекты, на которых были выполнены серии описаний с разрезами и прикопками почвенно-пирокластического чехла. Определялся возраст, жизненность и метрические параметры ольхового стланика, флористический состав нижних ярусов сообществ, проективное покрытие растений, мощность и состав вулканических отложений. Основной геоботанический трансект I длиной 3500 м был заложен по градиенту поражения растительности (азимут 45°). Площадки 10 × 10 м закладывались через 200 м, начиная от

центра извержения 1972 г. В начале и в конце трансекта I выполнены два почвенных разреза. Дополнительные трансекты заложены к югу от прорыва и по склону вулкана до высоты 1100 м над у. м. – перпендикулярно трансекту I (рис. 2). Всего выполнено около 50 геоботанических описаний и 5 почвенных разрезов с полным взятием образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Растительный покров о. Атласова. Наши исследования 2006 г. увеличили количество видов в списке флоры сосудистых растений, добавив 13 новых для острова видов. Ранее, наша экспедиция 2004 г.

дала 36 новых видов. Таким образом, в настоящий момент для острова насчитывается 248 видов растений, что почти вдвое больше числа видов в японском списке [21].

При отсутствии регионального содоминанта субальпийской растительности – кедрового стланика – основу РП составляют заросли ольховника *Duschekia fruticosa* (названия растений приведены в основном по [16]), которые образуют мощный, почти нерасчлененный покров. Ольховник – древесное растение стланиковой формы с саблевидно изогнутыми ветвями-стволами толщиной у основания около 10–15 см. Высота зарослей составляет обычно 2.5–5.0 м. Ольховник на острове занимает огромное пространство от приморских террас до средней части вулканического конуса (1000–1200 м над у. м.). На восточных склонах вулкана РП сильно нарушен извержениями, и верхняя граница распространения ольховников снижена до 250–400 м над у. м. Отложения последнего крупнейшего извержения 1981 г. пришлись главным образом на восточную часть острова, приведя к гибели несомкнутую травяно-кустарничковую растительность на склонах главного конуса, и существенно повредив заросли ольховника в нижележащем поясе стлаников.

Приморские террасы в западной части острова на расстоянии десятков – первых сотен метров от берега покрыты луговой растительностью. По составу растительные сообщества меняются от шикшеников (доминирует *Empetrum sibiricum*) близ берега моря довейниково-разнотравных и фрагментов высокотравных лугов на контакте с ольховниками. Стланик начинает появляться по склонам долин ручьев, где к нему примешивается шеломайник (*Filipendula camtschatica*). Ольховник также присутствует на лугах в виде низких кустиков, вплетенных в травянистый ярус и почти незаметных. Выше на склонах, где стланик господствует, заросли его относительно невысоки (до 2.0–2.5 м), диаметр основания стволов около 10 см. В благоприятных условиях подножий, а иногда и на склонах до 800 м над у.м. высота стланика достигает 3.0–3.5 м, диаметр основания – 12–15 см (местами – до 20 см). Верхний предел распространения зарослей ольховника приходится на высоту около 1000–1100 м над у. м, выше начинается постепенная смена стланика высокогорной растительностью, в которой ольховник участвует в виде полос, гряд, куртин и т.п. Высота зарослей снижается до 30–100 см, а выше по склону высота отдельных распластаных кустиков не превышает 10–20 см.

Высокогорная растительность на северо-западном склоне Алаида представлена редуцированной полосой ивняково-вересковых тундр. Предел сомкнутой растительности на северо-западном склоне находится на высоте 1100–1200 м.

Почвы. Почвенный покров о. Атласова достаточно разнообразен. Основными процессами, при-

нявшими участие в формировании облика почв, являются периодическое поступление на их поверхность пирокластического материала разного объема и состава и регулярное поступление обильного растительного опада с его последующей трансформацией в дерновый горизонт (дернину). Этот горизонт, наблюдавшийся во всех профилях, кроме почвы на шлаковом поле Олимпийского прорыва, имеет мощность 9–18 см и предварительно обозначен нами как Ad. Он состоит преимущественно из густо переплетенных живых корней с небольшой примесью минерального мелкозема. На морфологию изученных почв наложили свой отпечаток гумусообразование и гумусонакопление, выражающееся в наличии в профилях современных и погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтов, сформированных в слоях пирокластического материала, находящихся или находившихся некогда вблизи дневной поверхности (под горизонтами Ad). Иллювиирование гумуса в почвах о. Атласова, возможно, тоже имеет место, но морфологически оно гораздо менее выражено, чем в наблюдавшихся нами вулканических почвах Камчатки и Парамушира. То же самое можно сказать о формировании иллювиально-метаморфических охристых горизонтов (BAN), являющихся специфическими для вулканических почв. Яркий выраженный охристый горизонт здесь нам не встретился ни разу, хотя охристые оттенки в окраске (обозначаются в формуле профиля строчным символом an) наблюдались в большом количестве слоев. Остальные обозначения горизонтов традиционны: A – гумусово-аккумулятивный горизонт, сформированный на поверхности почвы, содержащий гумифицированный органический материал, образованный на месте и находящийся в тесной связи с минеральной частью почвы; B – срединный почвенный горизонт, в котором почвообразующие породы подверглись педогенному метаморфизму и по большей части утратили свое исходное строение; C – почвообразующая порода, строение которой не изменено или лишь незначительно изменено процессами почвообразования. Символ C'' означает, что в качестве почвообразующей породы выступает пирокластический материал с ясно выраженной стратификацией. Переходные горизонты обозначаются как AC, AB и BC. При формировании почвы на литологически неоднородных породах каждый слой, кроме первого, нумеруется арабской цифрой перед индексом горизонта (например, 2C, 3C и т. д.).

Строение профиля почвы, развивающейся на вершине возвышенности (разрез 5) показано на рис. 3. Влияние вулканизма прослеживается в ее морфологии наименее отчетливо и представлено лишь отдельными прослойками черного вулканического песка и охристыми тонами окраски горизонта B_{Can}, что, характерно для почв, формирующихся на породах, содержащих вулканическое стекло. Этих признаков недостаточно для отнесе-

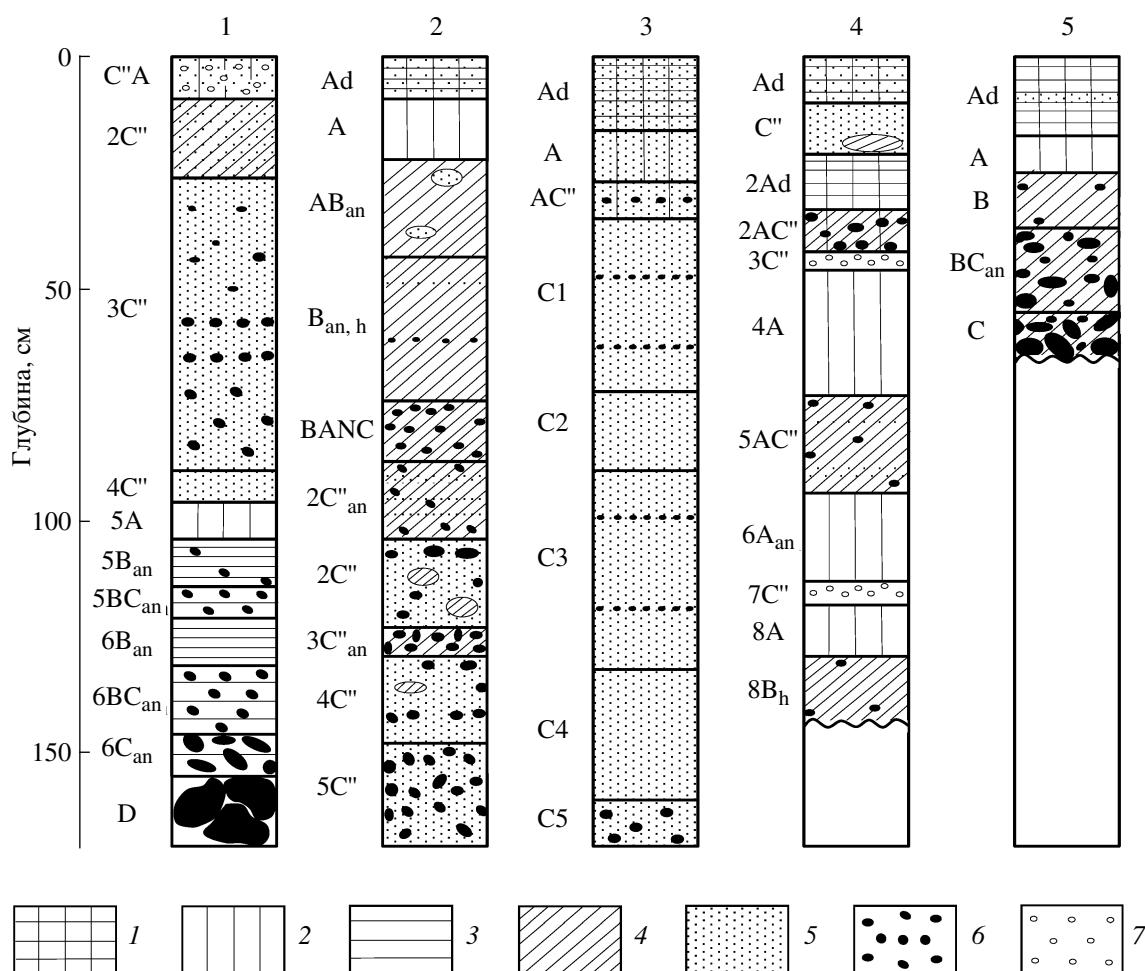


Рис. 3. Строение профилей почв о. Атласова. 1 – дерновые горизонты (Ad); 2 – аккумулятивно-гумусовые горизонты (A) любого состава; 3 – средний и тяжелый суглинок; 4 – легкий суглинок и супесь; 5 – песок; 6 – камни; 7 – шлак. Цифры над колонками обозначают номера почвенных разрезов.

ния данной почвы как к одному из типов охристых, так и к типу слоисто-пепловых почв. С большой долей вероятности ее можно классифицировать как подбур охристый.

Почвы морских террас (разрезы 2 и 4) имеют отчетливо выраженное слоистое строение профилей. Почва, представленная разрезом 2, явно эволюционирует в направлении формирования профиля охристой вулканической почвы, о чем свидетельствует наличие в ней горизонта В с признаками охристого. Однако ее эволюция не продвинулась еще так далеко, чтобы классифицировать обсуждаемую почву, как охристая типичная. Отсутствие погребенных почвенных профилей в пределах верхних 160 см не позволяет отнести ее к слоисто-охристым почвам. Почва, описанная разрезом 4, характеризовалась явно не педогенной стратификацией с обилием погребенных элементарных почвенных профилей. Верхняя часть профиля до глубины 94 см не имеет охристого оттенка и не содержит погребенных горизонтов В. Поэтому рас-

сматриваемую почву нельзя отнести к слоисто-охристым. По-видимому, это один из вариантов слоисто-пепловых почв, являющийся переходным к слоисто-охристым почвам.

Почва на склоне вулкана Алаид (разрез 3) имеет наиболее простое строение: аккумулятивно-гумусовый горизонт развивается в верхней части толщи практически однородного слоя мелкого вулканического песка. Вероятнее всего ее следует классифицировать как слоисто-пепловую, хотя собственно слоистости до глубины почти 2 м выявлено не было.

Такое же простое строение (только с гораздо менее развитым поверхностным гумусовым горизонтом) имела бы почва на шлаковом поле Олимпийского прорыва (разрез 1), если бы не содержала под почти метровым слоем свежей тефры довольно хорошо развитый почвенный профиль. Причем погребенная почва имеет тяжелосуглинистый состав, тогда как все остальные исследованные почвы были преимущественно легкого гранулометрического

состава. Тем не менее, данная почва, согласно существующей классификации, тоже должна быть отнесена к типу слоисто-пепловых.

Итак, почвы о. Атласова представляют собой яркий пример синлитогенного почвообразования, то есть на строение и облик их профилей одновременно оказывают влияние литогенные и педогенные процессы. Здесь преобладают разности слоисто-пепловых вулканических почв – от примитивных, до приближающихся по своим морфологическим параметрам к охристым вулканическим почвам. Среди них встречаются локальные ареалы почв других типов (подбурь).

Характер и распределение вулканитов. Основная масса вулканитов выпала в пределах острова, преимущественно в северо-восточном направлении. Мощность отложений возле кратера достигала 5–3 м [2, 11]; среди выброшенных извержением вулканитов доминировали резургентные отложения – обломки древних изверженных пород, слагающих подножие вулкана. Кроме того, в разрезах вскрывается пачка ювенильных обломков, которые с удалением от центра извержения начинают преобладать. Вблизи прорыва выделены 4 слоя продуктов извержений (сверху вниз) [11]: 1) наносный эоловый слой тонкого алевропелитового материала (мощность 5–10 см); 2) шлаковый материал, от темно-серого до черного цвета (мощность до 1.5 м вблизи центра извержения, до 0.1–0.2 м на расстоянии 1 км от прорыва); 3) пепловый тонкозернистый материал псаммито-алевролитовой размерности, серого цвета; перемыт и частично слоистый; 4) крупнозернистый песок с материалом гравийной размерности, с включением угловатых обломков и глыб (мощность около 1 м).

По нашим данным, верхний слой тонкого эолового материала выклинивается через несколько сотен метров от центра извержения, и далее четко выражены только три слоя; их мощность и размерность частиц с удалением от прорыва постепенно уменьшаются. На расстоянии 1 км от прорыва (разрез 1), в почвенном разрезе вскрывается: сверху 35 см крупнозернистой тефры, ниже супесчаный слой мощностью около 15 см, и ниже мелкий шлак – около 25 см. На расстоянии 1.6 км от центра извержения их мощности – 17, 8 и 13 см, соответственно.

Крупнозернистые шлаки распространены на расстоянии 0.5–1.0 км от прорыва, на расстоянии 1.5 км они меняются на псаммитовые (размерность 2–1 мм), и после 3 км уменьшаются до алевроито-пелитовых [14]. Тефра, выпавшая на расстоянии до 0.6 км от прорыва, имеет более основной характер, чем пеплы на более удаленных участках. Они содержат меньше кремнезема и калия, но больше глинозема и окиси кальция. Авторы [14] объясняют резкие изменения в содержании глинозема и окислов железа не только влиянием аэриальной

дифференциации, но и увеличением доли резургентных пеплов более кислого состава.

Чтобы отразить распределение пирокластики, мы сопоставили свои измерения с общим очерчиванием изопохит, приведенных в работе Г.П. Авдейко и др. [2], и получили следующую схему (рис. 2). Тефра отложилась на значительной территории северо-западной части острова, частью выпала в море. Ареал тефры эксцентричен и юго-западная ось отложенной значительно короче северо-восточной. По оси северо-восточного простирания мощность отложенной тефры более 1 м была в пределах первых 800 м. Далее она плавно падала до значения 0.5 м (1400 м от прорыва) и выклинивалась до уровня 12 см на северном побережье острова.

Поражение растительности. Выпавшая пирокластика и резургентный материал привели к гибели РП на значительной территории острова. Причины этого были как в простом погребении растений (при мощности отложений 1–2 м и более), так и в бомбардировке вулканитами, что вызвало негативное воздействие на растения (обламывание побегов, обдирание коры, почек, листы, химическое воздействие, запыление листы и др.). Очевидец извержения В.А. Костенко (личное сообщение) наблюдал, что в разгар вегетативного сезона вся листва ольховника опала. Последнее могло быть связано как с механическим воздействием, так и с отмиранием листьев вследствие запыления и прекращения фотосинтеза, а также вследствие кислотных дождей и термического воздействия горячей тефры. В результате даже спустя 34 года после извержения на, значительной площади еще наблюдается отсутствие РП и нарушенная растительность, включая древесную, а также несомкнутый покров растений. Кроме того, определенная территория оказалась полностью измененной, так как образовалась новая среда: это лавовые потоки, маары (днища, внутренние и внешние склоны) и вулканический конус.

По уровню разрушений РП под влиянием бомбы и пеплопада мы выделили условно 4 зоны (рис. 4).

1. Вулканическая пустыня. РП погребен многометровой толщей вулканитов. Зона выражена в пределах первых 500–600 м по оси отложений (рис. 5), представленных мелкообломочным материалом размером 0.5–2 см, перемытым временными неруловыми водотоками, вперемешку с бомбами и обломками породы размером 10–40 см. Пионерные растения здесь единичны, миниатюрных размеров. Мощность отложений – более 1.5 м.

2. Зона полностью разрушенного РП – в интервале 500–1200 м. Прежняя растительность представлена полупогребенными останками стволов ольховника (рис. 6). Шлаковые “проплешины” в РП встречаются на расстоянии более 1 км от прорыва. Мощность отложений – 150–50 см.



Рис. 4. Карта-схема района поражения растительного покрова (построена на основе аэрофотосъемки 1980 г.). 1 – вулканическая пустыня; 2 – зона полностью разрушенного растительного покрова; 3 – зона “сопротивления”; 4 – зона частично нарушенного растительного покрова; 5 – ненарушенный растительный покров (преимущественно ольховый стланник); 6 – высокогорная растительность.

3. Зона “сопротивления”: от частичного выживания до единичного поражения ольховника – в интервале 1200–2200 м. Ольховник, как основа РП, был здесь существенно поврежден, в значительной мере погиб, но восстанавливается. Мощность отложений – 50–25 см.

4. Зона частично нарушенного РП – преимущественно травяного яруса сообществ. Интервал – 2200–3500 м, до северного побережья. Ольховник был только частично поврежден (вероятно, в основном обрыв, повреждение и усыхание листвы, возможно, части побегов). Мощность отложений – 25–12 см.

Критический уровень мощности тефры, при которой происходила гибель ольховника – около 30 см. По линии трансекта I он отмечен на расстоянии до 2000–2200 м от прорыва. Останки сухого ольховника наблюдались в интервале 500–1800 м, особенно часто – до 1500 м. Над поверхностью вул-

канитов видны верхушки сухих выбеленных ветвей диаметром до 10 см, поднимающихся на высоту 0.3–0.7 м. Кроме ольховника, погибли и сопутствующие древесные растения – ива удская *Salix udensis* и кустарниковая рябина *Sorbus sambucifolia*.

В результате обмера площадей территорий с измененной, пораженной растительностью и новых территории по аэрофотоснимкам были получены следующие данные. Лавовые потоки покрыли территорию 0.72 км² (большой поток) и 0.1 км² (малый поток), суммарно – 0.82 км². Вулканическая пустыня образовалась на площади 3.82 км². Помимо этого, растительность была повреждена на площади 3.24 км². Общая площадь поражения растительности, включая маары и территорию, на которой образовался конус, составила около 8 км².

Сукцессии в зоне пеплопада. Процессы восстановления РП начались сразу после извержения, но шли они по-разному, в зависимости от степени

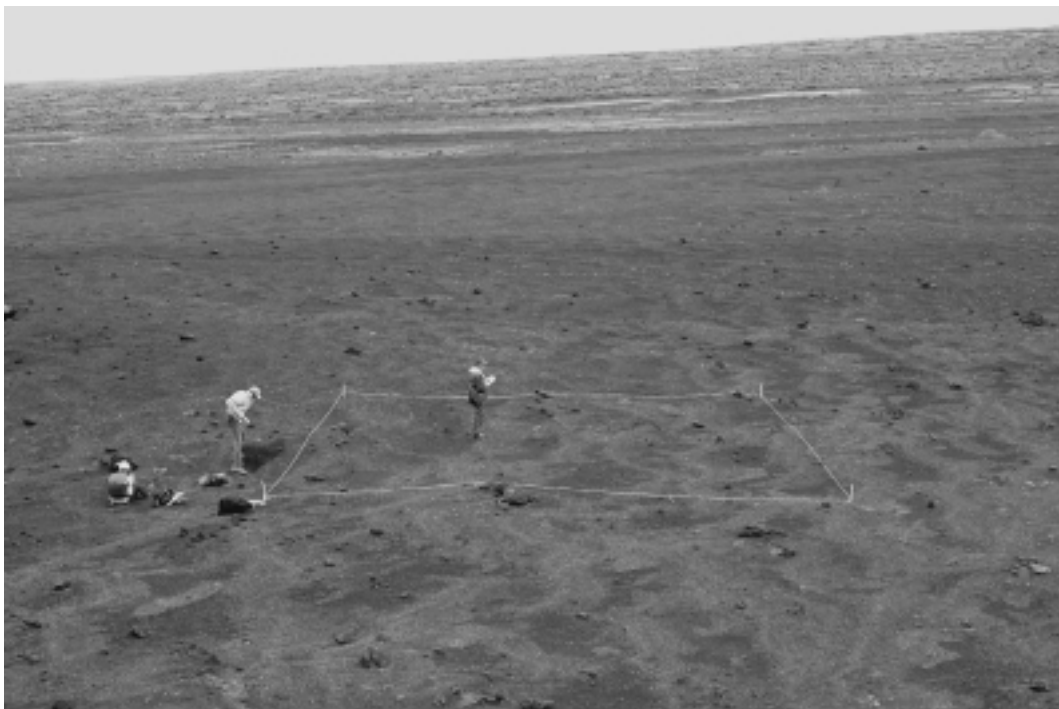


Рис. 5. Вулканическая пустыня (зона 1), начальная стадия заселения пионерами.



Рис. 6. Останки погибших побегов ольховника. На дальнем плане – конус Олимпийского прорыва.

трансформации экосистем. В зоне 1 (“вулканическая пустыня”) число видов растений незначительно – 4–6 (здесь и далее приводится количество видов на учетной площади 100 м²), преимущественно это

травянистые вегетирующие растения миниатюрных размеров (высота – 5–10 см), создающих незначительное (1–8%) суммарное проективное покрытие – пеннеллиант кустарничковый (*Pennellianthus*



Рис. 7. Смыкающиеся куртины леймуса и полыни (дальний план).

frutescens), мак белорозовый (*Papaver alboroseum*), овсяница красная (*Festuca rubra*), полынь пышная (*Artemisia opulenta*). Наиболее активными пионерами освоения рыхлых вулканических материалов являются корневищные растения – это травянистые растения, способные формировать разветвленную сеть корневищ, пронизывающих субстрат и скрепляющих кусочки тефры. Многочисленные надземные побеги этих растений образуют различной плотности дерновинки, которые прикрывают рыхлый субстрат сверху, предохраняя его от выдувания и сползания. На вулкане Алаид эта группа представлена *Pennellianthus frutescens* и *Leymus mollis*. Чаше других встречается пеннеллиант – распространенное на активных вулканах Камчатки и северных Курил пионерное растение, обладающее уникальными приспособлениями для расселения и закрепления на рыхлых субстратах [10]. Растения пеннеллианта обладают довольно высокой скоростью роста подземных органов (разветвленные древеснеющие корневища и многочисленные придаточные корни) и большего количества надземных побегов, формирующих плотные клоны. Многочисленные, плотно расположенные надземные побеги препятствуют сдуванию тефры и содействуют накоплению органического материала (опад, детрит и др.) в пределах куртин растений.

Значительна роль в закреплении грунта и стержнекорневых растений. Наиболее встречаемыми на Алаиде можно считать полыни (*Artemisia opulenta*, *A. glomerata*), образующие мощные куртины и явля-

ющиеся важнейшими участниками начального этапа сукцессии.

Положение первопоселенцев осложнено неблагоприятным субстратом с низкой водоудерживающей способностью, нестабильной поверхностью, перевеиваемой и перемываемой временными потоками, отсутствием азотного питания.

В зоне 2 количество видов растений сначала резко увеличивается (до 15) за счет раннесукцессионных видов (*Artemisia opulenta*, *Leymus mollis*, *Anaphalis margaritacea*, *Picris kamtschatica*). По мере развития сукцессии (ранние этапы сукцессии можно наблюдать ближе к прорыву, продвинутые – с удалением от него), количество видов начинает снижаться. В зоне 3 (“зона сопротивления”) луговины становятся монодоминантными – абсолютно господствует вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*). Проективное покрытие растений поднимается до максимального (100%). Увеличиваются размеры травянистых растений, меняется их состав. В зоне 4 количество видов вновь начинает расти, постепенно приближаясь к числу видов в разнотравных луговинах среди зарослей ольховника.

Сукцессия после извержения идет как первичная в первой и отчасти второй зоне. На вулканиках первой зоны единично поселяются пионеры. На удалении (600 м от прорыва) появляется доминант второго этапа – полынь пышная, образующая куртинки высотой 0.5–0.7 и 0.6–0.8 м в поперечнике. Полыни сопутствует колосняк мягкий, образующий куртины от 2–3 до 10–20 м в поперечнике (рис. 7). Оба

растения начинают захватывать своими куртинами пространство 2-й зоны, образуя частично сомкнутый (30–70%) покров. Остальное пространство занимают шлаковые обнажения. Здесь начинают встречаться и подсекающиеся древесные растения – ольховник и ива удская, образующие невысокие (до 1–1.5 м) куртины. Кроме того, крупные полосы ольховника высотой до 2 м располагаются по склонам русел сухих (эпизодических) водотоков, прорезающих пустынную территорию. Куртины полыни к концу зоны 2 начинают господствовать, покрывая до 50% поверхности; размер их увеличивается – до 1.1 м высотой и до 1–2 м в поперечнике.

В третьей зоне ольховник был существенно поврежден и в значительной мере погиб, но восстанавливается, преимущественно вегетативно, по-видимому, из уцелевших почек на основаниях стволов. РП полностью сомкнут. Полынь в травяном покрове постепенно заменяется доминантом следующего этапа – вейником Лангсдорфа. Именно этот злак продуцирует быстрые изменения в подвергшейся вулканическому воздействию экосистеме, наращивая мощную дернину (верхний горизонт почвы, густо пронизанный корнями). Дернина нарастает поверх слоя вулканитов 1972 г.: мощность ее увеличивается от 1 см в начале зоны 3 до 16 см в начале зоны 4. В условиях ненарушенной извержением луговой растительности (рис. 2, разрез 5) мощность дернины достигает 18 см.

Зона 3 является зоной вторичной сукцессии, тогда как в зоне 2 встречаются признаки как первичной, так и вторичной сукцессии. При вторичной сукцессии растительность использует ресурсы погребенной почвы, а также при восстановлении РП используются погребенные семена, зачатки, почки частично выживших растений. В зоне 4 (“зона выживания”) ольховник полностью уцелел (лишь местами был поврежден). В травяном ярусе очевидны изменения: по профилю наблюдается переход от вейниковых лугов к вейниково-разнотравным с высокотравьем (*Filipendula camtschatica*, *Senecio cannabifolius*, *Urtica platyphylla*) по локальным понижениям.

Таким образом, мы видим следующий ряд растений, доминирующих в ходе сукцессии: *Pennellianthus frutescens* – пионер вулканической пустыни, *Artemisia opulenta* и *Leymus mollis* – доминанты начального этапа сукцессии, *Calamagrostis langsdorffii* – доминант продвинутого этапа первичной сукцессии и одновременно участник вторичной сукцессии в зоне 3, отчасти 4, сменяющий растения фрагментов разнотравных и высокотравных луговин, размещающихся между куртинами ольховника.

Как ведет себя доминант РП острова в ходе сукцессии? Ольховник неохотно поселяется на свежем и рыхлом субстрате. По-видимому, выживание его проростков ограничивает не только неблагоприятный химизм свежих вулканитов, недостаточное вод-

ное и азотное питание, но и нестабильность поверхности. Форпосты ольховника встречаются на расстоянии 700–800 м от центра извержения как низкие (0.5–1.0 м) кусты и куртинки до 1–2 м в поперечнике, диаметр побегов у основания – 2–3 см. Возраст их составляет около 14 лет, то есть они появились спустя 20 лет после извержения. В интервале 700–1600 м от прорыва ольховник является преимущественно молодым (новопоселившимся). В результате образуются молодые куртины с радиальной структурой: все ветви выходят из одного центра. Постепенно такие куртины разрастаются, увеличиваясь в размерах (диаметр ветвей, высота и диаметр куртин), но сохраняя прежнюю структуру. В дальнейшем, даже при полном смыкании всех разросшихся куртин, эта внутренняя структура сохраняется (наблюдалось нами на вулкане Чикурачки, о. Парамушир).

По мере уменьшения мощности воздействия пеплопада в интервале 1400–2200 м от центра извержения появляются и выжившие кусты ольховника, в той или иной степени пострадавшие (отсохшие или сломанные побеги).

В общем виде, ольховый стланник демонстрирует следующий ряд по удалению от прорыва: 1) молодой, новопоселившийся ольховник, 2) молодой и восстановившийся из почек полупогребенных и погребенных стволов, 3) восстановившийся и выживший (малоповрежденный), 4) выживший.

Участие ольховника в РП по линии трансекта I неравномерное: так, в интервале 800–2200 м он занимал подчиненное место в РП; основу РП до извержения здесь, по-видимому, составляли луга с куртинами ольховника. Далее, в интервале 2400–3500 м стланник составлял основу РП и его сомкнутые мощные заросли с участием высокотравья из *Filipendula camtschatica*, *Senecio cannabifolius*, *Urtica platyphylla* чередуются с участками разнотравных лугов, в которых встречается до 20–25 видов сосудистых растений (на учетной площадке): *Thalictrum minus*, *Maianthemum dilatatum*, *Rosa rugosa*, *Anaphalis margaritacea*, *Ligusticum hultenii*, *Filipendula camtschatica*, *Artemisia opulenta*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Cirsium kamtschaticum*, *Geranium erianthum* и др.

Заращение взрывных воронок, лавовых потоков, шлакового конуса. Взрывные воронки образовались по линии юго-восток – северо-запад, и ряд их протягивался по склону от высоты около 300 м вниз к морю (некоторые воронки, по данным вулканологов, образовались и под водой). Мы кратко обследовали 3 наиболее крупные воронки. Размер их в поперечнике достигает по верхней бровке приблизительно 130 м, 400 м, 500 м, глубина – до нескольких десятков метров. Воронки имеют пологие (около 10°) внешние, и крутые до обрывистых (30–80°) внутренние склоны. Поверхность внешних склонов перекрыта крупно- и мелкообломочным материалом, преимущественно резургентным. На внутрен-

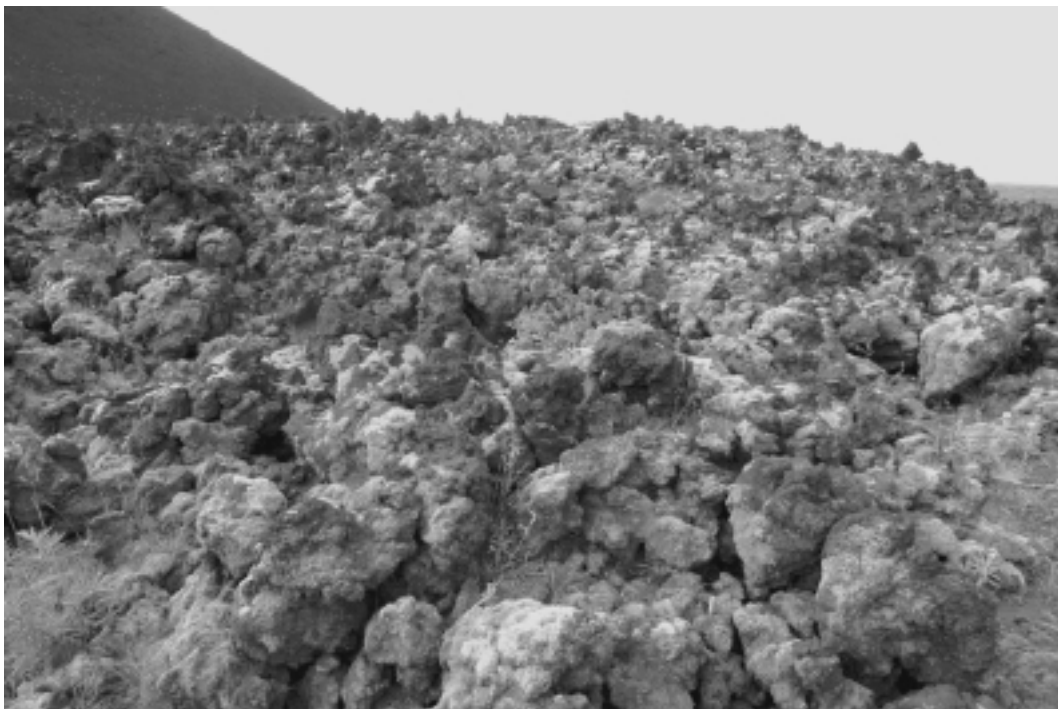


Рис. 8. Лава (“малый поток”) заселена преимущественно мхами и разреженными группами цветковых растений.

них склонах видно сложение прослоев древних вулканитов, включая лавы. В целом, сомкнутая растительность в зоне мааров отсутствует. Имеются лишь пионерные растения – единичные и в группах. Так, на днище крупнейшей воронки растения отсутствуют; на крутых внутренних склонах, на небольших выступах встречаются отдельные одиночные и куртинками невысокие (до 20–30 см) растения: *Anaphalis margaritaceae*, *Artemisia opulenta*, *Festuca rubra*. На внешних склонах очень разреженно (покрытие до 5%) встречаются куртинки *Pennellianthus frutescens* и *Papaver alboroseum* (высотой 7–15 см, диаметром 15 см). Те же растения, иногда с крупными (диаметром до нескольких метров) куртинами *Leymus mollis* на участках аккумуляции вулканического песка, встречаются и на пологих внутренних склонах менее крупных воронок.

Базальтовые лавы, вытекшие из конуса, сформировали комплекс потоков длиной около 1 км, которые внедрились в море, образовав новый полуостров. Мощность лавы достигала 35–60 м, суммарный объем около 50 млн. м³ [11]. На поверхности потоков глыбы размером до 1–3 м в поперечнике, промежутки между которыми заполнены средне- или мелкообломочным материалом. Мелкообломочный материал покрыт на 30–50% мхами светлых тонов, так что издали поток кажется белесым (рис. 8). На глыбах лавы – преимущественно латки мхов, участие лишайников (помимо накипных) незначительно. Сосудистые растения суммарно покрывают не более 1% поверхности, лишь на осыпях

из красноватого выветрелого щебня местами наблюдается покрытие до 5%. Чаше других встречаются *Pennellianthus frutescens*, *Anaphalis margaritaceae*, *Dryopteris expansa*, *Artemisia opulenta*. Единично отмеченный на лаве ольховник в виде небольших кустиков высотой до 0.25 м имел возраст 12–13 лет. Кустики были приурочены либо к трещинам на глыбах, либо к местам аккумуляции щебнистого мелкозема. Подножия потоков заросли в большей степени; в лощинах между краем потока и прилегающими рыхлыми вулканитами размещаются гряды ольховника высотой до 1.0–1.5 м и частично сомкнутая травянистая растительность.

Шлаковый конус высотой до 80 м, диаметр основания – до 500 м, имеет усеченную форму с открытым на северо-запад кратером, откуда излился основной поток (комплекс потоков). Конус сложен шлаком и бомбами. Шлак темного и буровато-красного цветов имеет размерность в средней части склона конуса 1–5 см, здесь же куски лавы (бомбы) до 10–20 см в поперечнике, у подножия конуса – до 1 м. Куртинки ольховника высотой до 0.5 м и диаметром 1–1.5 м покрывают не более 1%, травянистые растения – до 5% (рис. 9). Преимущественно это латки мелкого вегетирующего пенниллианта, злаков, а также *Anaphalis margaritaceae*, *Oxytropis pumilio*. У гребня конуса в верхней части кратера отмечены единичные кустики ольховника (диаметр ветвей – 2 см, возраст 4–5 лет), пенниллиант, мак белорозовый, шикша. Крупная куртина стланика растет у южного подножия (перегиб склона) конуса,

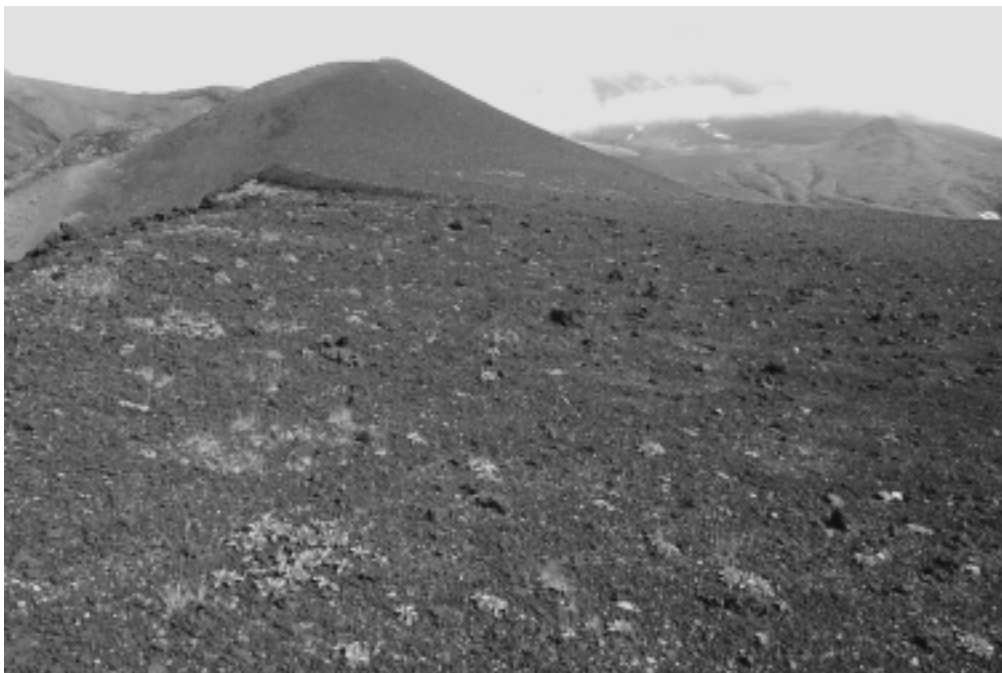


Рис. 9. Латки пионерных растений (пеннелиант, злаки) на шлаках конуса 1972 г., западный склон.

близ контакта с малым лавовым потоком: длина разреженной куртины, вытянувшейся вдоль основания, достигает 80 м, высота ольховника – до 1.5 м, возраст – 21 год.

Таким образом, наибольший прогресс для древесных растений виден в локальных депрессиях, складках рельефа, где аккумулируется мелкозем, относительно стабильно обеспечение водой (подток, сток по склону, поступление от вышерасположенных снежников), участки прикрыты от ветра и поверхность субстрата стабильна. Мхи захватывают пористую поверхность лавы, используя нано- и микрорельеф поверхности глыб (трещины с мелкоземом); травянистые растения тяготеют к стабильно устойчивым щебнистым отложениям и трещинам с мелкоземом.

Воздействие на животных. По наблюдениям зоолога В.А. Костенко (личное сообщение), работавшего летом 1972 г. в районе прорыва, извержение серьезно воздействовало на зоокомпонент экосистем. Погибли все насекомые. В результате пеплопада в зоне поражения были полностью уничтожены (или впоследствии погибли от голода) обитавшие здесь полевки-экономки. Другие грызуны (серая крыса) остались между крупными валунами в литоральной зоне, где питались выбросами моря. Семья лисиц (самка и три молодых лисенка) осталась на своем индивидуальном участке. Они были сильно истощены, линька у них задержалась. На соседние территории, не поврежденные извержением, другие лисы не пускали их на свои индивидуальные участки. Вне зоны непосредственного

воздействия извержения все компоненты экосистем сохранились. В трех километрах к югу от лавового языка, внедрившегося в море, на мысу сохранилось лежбище сивучей (40–50 зверей). Животные во время извержения вели себя спокойно. В 2004 г. мы обратили внимание на обилие и активность лис на восточном побережье острова, и на их почти полное отсутствие (включая отсутствие следов пребывания) в районе Олимпийского прорыва в 2006 г. Полевки встречались единично, а крысы не наблюдались.

ОБСУЖДЕНИЕ

Масштабы поражения экосистем. Извержение 1972 г. было крупным, по ряду параметров – уникальным. В исторический период это было единственное извержение в Курило-Камчатском регионе, происшедшее почти на уровне моря, причем лавовый поток внедрился в море, образовав новую сушу. Достаточно редким явлением было и образование взрывных воронок (подобное произошло год спустя на склоне вулкана Тятя на о. Кунашир). Эффузивно-эксплозивное извержение привело к поражению РП на площади около 8 км². Если бы весь ареал выпавших вулканитов мощностью более 10–15 см пришелся на сушу, площадь поражения экосистем составила бы, по нашей оценке, 12–16 км², т.е. до 10% площади острова. Для менее крупного острова последствия были бы более катастрофичными.

При крупнейших извержениях XX в., изученных нами на Камчатке, площадь поражения достигала

от 100 до 600 км² [9]. В результате очень крупного Толбачинского извержения 1975–1976 гг. выпало около 700 млн. м³ тефры, что привело к гибели растительности горных тундр, подгольцовых стлаников и леса на площади около 100 км². Извержения XX в. на Курильских островах были скромнее по размерам, чем камчатские. Отчасти близким по характеру к Олимпийскому прорыву было эксплозивное извержение вулкана Тятя (1973 г.), и по некоторым параметрам – также извержение вулкана Чикурачки (о. Парамушир, 1986). На вулкане Тятя произошли прорывы на разных склонах: с образованием шлаковых конусов на юго-восточном склоне и мааров на северном. Лесная растительность была уничтожена на площади, соответственно, 7 км² и 5–6 км² [10]. Е.К. Мархинин [13] оценил площадь погибших лесов на вулкане Тятя в 20 км². При извержении вулкана Чикурачки (о. Парамушир) в 1986 г. в результате выпадения близкого Олимпийскому прорыву объема тефры [5] растительность погибла, по нашей оценке, на площади 65–80 км². Крупнейшее эксплозивное извержение на Курилах произошло на вулкане Алаид в 1981 г.; эруптивным центром являлся центральный кратер, благодаря высокой и мощной эруптивной колонне продукты извержения выносились далеко за пределы острова, причем преимущественно в северо-восточном и восточном направлении, поэтому РП о. Атласова пострадал в небольшой степени относительно масштабов извержения.

Как было показано ранее [9], масштабы поражения РП связаны с рядом факторов, из которых наиболее важны следующие: объем изверженного (отложенного) материала; тип извержения и соответственно, тип (комплекс) продуктов извержения; географическое положение центра извержения – на суше или в ограниченной островной территории; тип размещения отложенных вулканитов (концентрически вокруг центра извержения или в определенном секторе); тип преобладающей растительности в зоне отложения вулканитов, и факторы, обуславливающие данный РП (например, высотное положение, или сукцессионная стадия).

Факторы поражения. Для поражения растительности в результате Олимпийского прорыва существенным для РП было то, что извержение происходило в разгар вегетативного сезона, когда растения наиболее уязвимы к воздействию пеплопада. В зимний период мощный снеговой покров может частично предохранить древесные растения от механического повреждения. Гибель доминанта РП острова – ольховника – происходила в результате бомбардировки обломками вулканической тефры (лапилли, шлак, песок; близ центра извержения также мелкие бомбы), которые сбивали листву, обдирали почки и кору. На более удаленных территориях механические повреждения наносили меньший урон, однако на жизнеспособность растений отрицательно могло воздействовать повреждение листьев, запыление фотосинтетического аппарата, в услови-

ях мороси и туманов, характерных для курильского лета, цементирование тонкого пепла на листе и ветвях, что могло приводить к их обламыванию. Вероятно также химическое отравление растений воднорастворимыми веществами, попавшими на растения и в корнеобитаемый слой почвы с тефрой и кислотными дождями. Известно, что при контакте раскаленной лавы с морской водой происходят химические реакции с образованием соляной кислоты. В результате над местом контакта поднимается мощный слой пара, обогащенный HCl (pH 1.5–2.0) и соленостью, превышающей соленость морской воды в 2–3 раза [20].

Критический уровень мощности отложившейся тефры, при котором происходила гибель ольховника, составил около 30 см. На вулкане Толбачик этот уровень был определен нами при мощности около 40 см тефры, на вулкане Чикурачки – около 35 см.

Перспективы восстановления растительности. Оценочно можно предположить, что в зоне 1 первичная сукцессия может растянуться на несколько столетий, так как поселение и выживание пионеров здесь крайне затруднено из-за жестких условий вулканической пустыни, усугубляемых периодическим промывом поверхностными водотоками, вызывающих гибель пионеров. В зоне 2–3 длительность вторичной сукцессии может быть оценена периодом 50–150 лет, в зависимости от степени поражения и сохранности РП. В зоне 4 различия с условно коренным растительным покровом, по видимому, исчезнут в течение нескольких десятилетий, если не будет новых вулканических воздействий.

Более длительный период потребуется для первичной сукцессии на лаве. Согласно нашим данным, полученным на Камчатке [8], этот период может составить 1.5–2 тыс. лет. Не исключено, что период сукцессии для лавового протока 1972 г. может быть несколько короче из-за относительно благоприятных условий (достаточное количество влаги, высотное положение у подножия вулкана – почти на уровне моря). В то же время положение лавового полуострова в качестве выступающего мыса в холодном море создает здесь жесткий ветровой режим, туманы, забрызгивание соленой водой во время штормов и т.п. Новые извержения из центрального кратера вулкана Алаид могут создать эффект мелиорации, сглаживая неровности лавового потока, и создавая присыпками тефры рыхлый субстрат, благоприятный для поселения и укоренения растений.

Таким образом, экосистемы территорий о. Атласова, пострадавших от крупного извержения 1972 г., окажутся измененными на период от нескольких десятилетий (зоны 3–4) до первых столетий (зона 1) и даже первых тысячелетий (лавовый поток). Извержение, помимо разрушений, увеличило площадь острова и в определенной мере увеличило разнообразие экосистем.

Исследования поддержаны грантами РФФИ 06-05-65106, ДВО РАН 06-III-A-06-144. В сборе полевых материалов принимали участие студенты А.Лазарев (КамГУ) и Н.Пупышева (МГУ).

Благодарим В.Ю. Баркалова (БПИ ДВО РАН) за просмотр гербарных материалов и В.А. Костенко (БПИ ДВО РАН) за информацию о событиях 1972 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурахманов А.И., Пискунов Б.Н., Смирнов И.Г., Федорченко В.И. Вулкан Алаид (Курильские острова) // Восточноазиатские островные системы (тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск. 1978. С. 85–107.
2. Авдейко Г.П., Хренов А.П., Флеров Г.Б. и др. Извержение вулкана Алаид в 1972 г. // Бюл. вулканол. станций. 1974. № 50. С. 64–80.
3. Баркалов В.Ю. Флора Курильских островов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток. 1998. 45 с.
4. Баркалов В.Ю. Очерк растительности // Растительный и животный мир Курильских островов. Владивосток. Дальнаука, 2002. С. 35–66.
5. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Гришин С.Ю., Крестов П.В. Исторические извержения вулкана Чиккурачки (о-в Парамушир, Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 3. С. 15–34.
6. Будников В.А. Пирокластика современных базальтовых извержений // Владивосток: Дальнаука, 1996. 159 с.
7. Воробьев Д.П. Растительность Курильских островов. М.-Л.: АН СССР, 1963. 92 с.
8. Гришин С.Ю. Сукцессии подгольцовой растительности на лавовых потоках Толбачинского дола // Ботан. журн. 1992. № 1. С. 92–100.
9. Гришин С.Ю. Крупнейшие вулканические извержения XX столетия на Камчатке и Курильских островах и их влияние на растительность // Изв. Русского Географического общества. 2003. Т. 135. Вып. 3. С. 19–28.
10. Гришин С.Ю., Верхолант В.П. Крупнейшие вулканические извержения XX века на Курильских островах и их влияние на растительность // Ритмы и катастрофы в растительном покрове Дальнего Востока. Владивосток, 2005. С. 136–141.
11. Малеев Е.Ф. Закономерности формирования вулканогенно-осадочного материала. М.: Недра, 1982. 152 с.
12. Мархинин Е.К. Роль вулканизма в формировании земной коры. М.: Наука, 1967. 255 с.
13. Мархинин Е.К. Вулканизм. М.: Недра, 1985. 288 с.
14. Мархинин Е.К., Долганова П.С., Радкевич Р.О., Шутова Г.С. // Пеплы вулканов Алаид (извержение 1972 г.) и Тятя (извержение 1973 г.) // Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе. М.: Наука, 1977. С. 56–79.
15. Справочник по климату СССР. Вып. 34. Л.: Гидрометеиздат, 1970. Ч. II. 200 с.
16. Сосудистые растения советского Дальнего Востока / Отв. ред. С.С. Харкевич Т. 1–8. Л.: Наука, 1985–1997.
17. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 239 с.
18. Федотов С.А., Иванов Б.В., Флеров Г.Б. и др. Изучение извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 9–27.
19. Штейнберг Г.С., Бабенко Ю.И. Определение скорости и плотности вулканического газа (флюида) при извержении вулкана Алаид // Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе. М.: Наука, 1977. С. 80–84.
20. Sutton A.J., Elias T. Volcanic gases create air pollution on the Island of Hawaii // U.S. Geological Survey Earthq. and Volcanoes. 1993. V. 24. № 4. P. 178–196.
21. Tatewaki M. Geobotanical studies on the Kurile Islands // Acta Horti Gotoburgensis, 1957. V. XXI. № 2. P. 43–123.

The Impact of the 1972 Eruption of Alaid Volcano, Kuril Islands on Ecological Systems

S. Yu. Grishin, A. N. Yakovleva, S. A. Shlyakhov

Institute of Soil Biology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russia

An unusual eruption occurred in 1972 on the Alaid volcano island, which is the largest and the most active in the Kuril Islands. The eruption center was very close to the coast of the Sea of Okhotsk. Lava flows were discharged into the sea to build a new territory. Other notable features of this eruption include the generation of explosion craters, a cinder cone, and a major ashfall. The ashfall destroyed vegetation on much of the island's area. In 2006 the affected area was investigated and the stating regeneration of the vegetative cover was studied, as well as the island's soils were studied for the first time. We show the scale of damage to the vegetation, the main factors that have controlled the character and level of the damage, as well as outline some features in the recovery changes. On the whole, the vegetative cover has been destroyed or altered over an area of about 8 km². The vegetative cover on Atlasov I. will have remained altered for a period of a few tens of years to a few hundred years (the ashfall zone), or even a few thousand years (the lava flows). In addition to this damage, the eruption has expanded the island area, generated new ecosystems, and to some degree increased the diversity of the vegetative cover by adding series communities to it.