

Восстановление растительности на вулкане Шивелуч после катастрофы 1964 г.

С.Ю. Гришин, П.В. Крестов, В.П. Верхолат, В.В. Якубов

Биолого-почвенный институт ДВО РАН,
г. Владивосток

Введение

В ноябре 1964 г. на вулкане Шивелуч (самом северном действующем вулкане Камчатки) произошло мощное кратковременное эксплозивное извержение. Объем изверженных и перемещенных продуктов вулканизма значительно превысил 1 км³, что позволило отнести данное событие к одному из трех крупнейших извержений нашего столетия на Камчатке. Вулканологи классифицировали извержение как направленный взрыв (Богоявленская и др., 1985) и определили предварительно площадь поражения растительности – около 100 км² (Горшков, Дубик, 1969).

Некоторые данные о растительности района поражения до извержения содержатся в работе Л.О. Карпачевского, В.Г. Туркова (1972). Через 12 и 14 лет после извержения собраны некоторые материалы о зарастании древесными растениями юго-западной окраины вулканической пустыни (Манько, Сидельников, 1989).

В 1995 -1996 гг. нами обследована большая часть вулканической пустыни, образованной взрывными отложениями и отложениями пирокластических потоков, а также часть территории, пораженной отложениями тефры пеплопада 1964 г. Цель работы – показать основные черты сукцессий растительности на вулканокластах в этом почти не изученном районе.

Природные условия

История вулкана и особенности извержения 1964 г. Вулкан Шивелуч – один из самых активных вулканов Камчатки. Его извержение 12 ноября 1964 г. по объему выброшенной ювенильной пирокластики (0,8 км³) относится к сильнейшим эксплозивным извержениям Камчатки.

Вулканическая постройка массива состоит из двух частей: Старого Шивелуча (Главная вершина, 3335 м) и Молодого Шивелуча (Кратерная вершина, 2763 м). Старый Шивелуч является остатком огромного стратовулкана, который был разрушен гигантским обвалом около 30 тыс. лет назад. После обрушения в образовавшемся кратере диаметром около 7 км началось формирование Молодого Шивелуча. Формирование Молодого Шивелуча сопровождалось сильными эксплозивными извержениями, которых насчитывают более 60 за последние 10 тыс. лет. Шесть из них входят в список 23 крупнейших извержений вулканов Камчатки в голоцене (Брайцева и др., 1997). За последние 2000 лет (период существенный для современного состояния растительности) крупнейшие извержения были отмечены 1404 и 965 лет назад (с выбросом более 2 км³ вулканитов) и 265 лет назад (более 1 км³ вулканитов).

В 1854 г. произошло сильное извержение Молодого Шивелуча, в ходе которого образовался открытый на юг кратер диаметром 1,5 км. За последующее столетие в кратере выросло несколько экструзивных куполов, которые полностью заполнили кратер.

Извержение 12 ноября 1964 г. было внезапным, коротким (несколько более часа) и произошло в темное время суток, поэтому имеются свидетельства только немногих случайных очевидцев. Последующие исследования восстановили характер извержения, последовательность событий, объем и распределение выброшенных и перемещенных вулканических материалов (Пийп, Мархинин, 1965; Горшков, Дубик, 1969; Богоявленская и др., 1985; Мелекесцев и др., 1991; Певзнер, 1994; Белоусов, Белоусова, 1995).

В ходе извержения было отложено 4 типа вулканических продуктов (рис.1).

1. Материал постройки вулкана. В результате извержения образовался подковообразный кратер, почти точно повторивший кратер 1854 г. Объем удаленной в ходе извержения постройки превысил 1,15 км³. Эти материалы, представленные в основном андезитами, были перемещены, согласно разным гипотезам, либо направленным взрывом (Горшков, Дубик, 1969; Богоявленская и др., 1985; и др.), либо обрушением постройки, спровоцированным извержением (Белоусов, Белоусова, 1995). Площадь, покрытая отложениями постройки вулкана, составила 98 км² при мощности 3-15 м, иногда до 50 м. Объем отложений 1,5 км³.

2. Пирокластические потоки покрыли площадь 50 км², образовав западную и восточную ветви. В западной части материал потоков залегает на отложениях обломочной лавины. Потоки сложены обломками пористого ювенильного андезита. Мощность этих отложений 2-5 м, а местами, как в русле р. Байдарной, – до 40 м. Объем отложений 0,3-0,5 км³.

3. Ювенильная грубая тефра, представленная андезитом, выпала в направлении восток–юго-восток. Мощность отложений достигает 30 см (возможно и более), объем 0,3 км³.

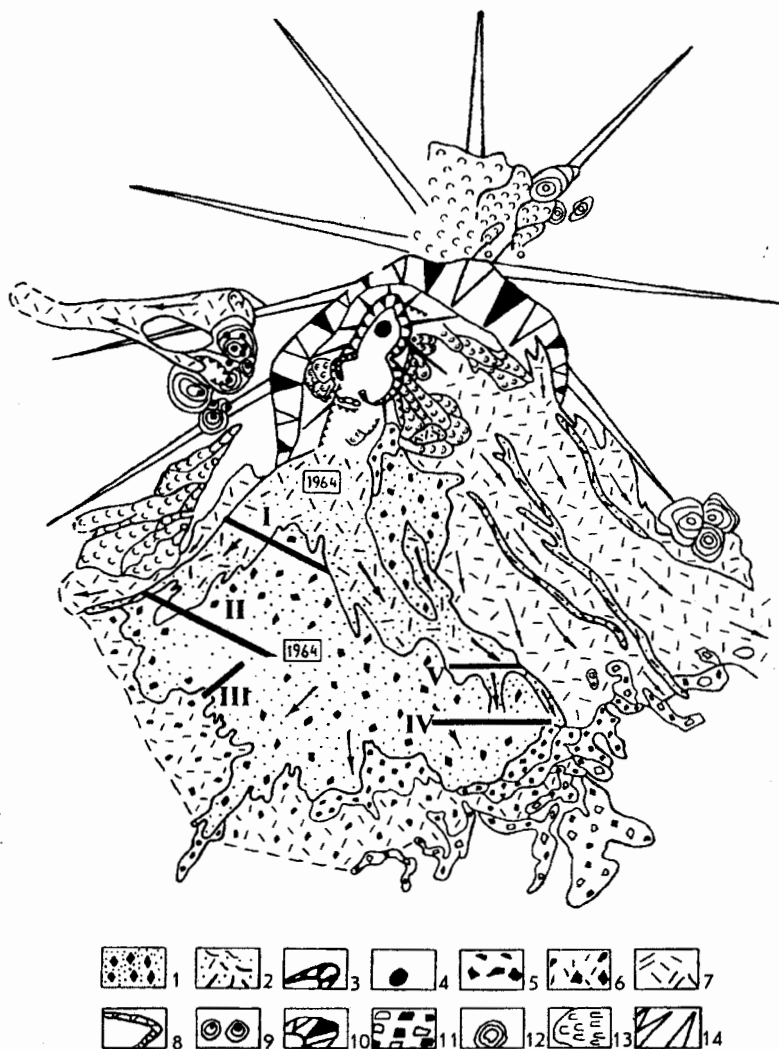


Рис. 1. Схема вулканических отложений вулкана Шивелуч (по: Богдаевская и др., 1985) и положение трансектов (I-V).

Вулканические образования 1964 г.: 1 – отложения направленного взрыва; 2 – пирокластические потоки; 3 – взрывной кратер; 4 – экструзивный купол 1980-1981 гг. Вулканические образования голоцена: 5 – отложения направленных взрывов; 6 – пирокластические потоки; 7 – нерасчлененные отложения направленных взрывов и пирокластических потоков; 8 – кратеры; 9 – экструзии. Вулканические образования верхнего плейстоцена: 10 – кратеры; 11 – отложения направленных взрывов; 12 – экструзии; 13 – лавовые потоки; 14 – постройка Старого Шивелуча

4. Резургентный пепел фреатического взрыва выпал в небольшом количестве (мощность отложений 4-8 см, общий объем 0,01 км³) в узком секторе юго-восточного направления.

Климатические условия района. Гигантский массив Шивелуча как бы запирает с севера центрально-камчатскую депрессию с ее субконтинентальным климатом. Данные для южного макросклона вулкана могут быть аппроксимированы по материалам, полученным на единственной в этом районе метеостанции “Ключи” (Справочник..., 1966, 1968), расположенной близ основания вулкана. Средняя температура июля на станции “Ключи” достигает 14,7°, а января -16,9°, среднегодовое количество осадков 860 мм. Условия восточного и северного макросклонов, вероятно, отличаются от южного большей океаничностью и низкими температурами вегетационного периода.

Растительность. Информация о растительности вулкана крайне ограничена. Фактически имеется лишь одна заметка о поясности растительности на западном макросклоне (Васильев, Степанова, 1971), где, по данным авторов, до высоты 400 м господствуют хвойные леса из лиственницы и ели (последняя встречается до 300 м), а до 800-900 м – каменноберезовые леса, сменяемые выше зарослями ольховника и кедрового стланика (до 1300-1400 м). Такая структура поясности вполне характерна для гор центральной части Камчатки. Растительность южного и восточного макросклонов существенно искажена вулканизмом. На южном склоне леса ограничены распространением вулканических отложений (1964 г. и более ранних), которые спускаются здесь в среднем до 550-600 м. О растительности территории, занятой современной вулканической пустыней южного склона Шивелуча до извержения, имеется свидетельство Л.О. Карпачевского и В.Г. Туркова (1972), которые летом 1963 г. работали в ее юго-западной части. Они упоминают, что обширный дол Шивелуча был покрыт от 600 до 1400 м однообразной шикшево-голубичной тундрой. Это была явно серийная растительность восстановительных смен после катастроф предыдущих столетий. В субальпийском поясе, по данным авторов, под почвенным профилем мощностью около 25 см залегал вулканический пепел мощностью около 30 см. Значительная мощность почвенного слоя говорит о достаточно длительном времени его формирования. По нашим данным, полученным на других вулканах Камчатки, этот срок составляет не менее нескольких столетий. Для характеристики лесной растительности района южного склона приведем данные из конкретного описания, выполненного нами недалеко от сухой речки Каменской, в 50 м от контакта с отложениями обломочной лавины.

Высота 510 м. Лиственнично-каменноберезовый лес с участием ели и подлеском из кедрового и ольхового стлаников и рябины бузинолистной. Березы преобладают по сомкнутости крон (общая сомкнутость до 0,5) и числу стволов.

Взрослые деревья не превышают 12-14 м в высоту, имеют низкоросаженную (от 2-3 м) крону. Диаметр стволов на высоте груди 40-48 см. Старые лиственницы невысокие, до 15 м, сбежистые, диаметр на высоте груди 40-50 см, а более молодые (диаметр 20-25 см) имеют ветровые верхушки крон, часть из которых усохла. Единичные ели имеют высоту до 10 м, диаметр около 20 см. Возобновление в виде подроста отмечено у всех трех видов. В подлеске по грядам выраженного мезорельефа растут кусты кедрового стланика высотой до 2-3 м. Диаметр куртин достигает 3-8 м, а диаметр оснований стволов 15 см. Ольховник образует заросли до 5-6 м высотой, диаметр куртин достигает 10 м, а оснований стволов 10-14 см. Стланики покрывают до 40 % площади. В небольшом количестве присутствует и можжевельник *Juniperus sibirica* (покрытие 5-10 %), образующий куртины площадью до 5-10 м², высотой до 0,5 м. В напочвенном покрове отмечено 28 видов сосудистых растений, 3 вида мхов и 2-лишайников. Выделяются синузии: бруснично-шикшевая, *Stereocaulon spp.* + *Antennaria dioica*, голубичная, *Geranium erianthum* + *Calamagrostis purpurea* + *Chamerion angustifolium*. Прикопка показала вулканогенные отложения на глубине 8-12 см (буро-серый песок) и 23-40 см (пемза с размерами частиц 1-5 см).

О растительности северного и восточного макросклонов Шивелуча нет никаких литературных данных. Между тем, судя по топографическим картам, структура ее высотной поясности явно отличается от нормального типа, характерного для части западного склона, что вероятно связано с последствиями многочисленных мощных извержений.

Методы

В 1995 г. первичная сукцессия исследовалась с западной стороны вулканической пустыни: на отложениях обломочной лавины и пирокластических потоков. Два параллельных трансекта проложены на Шивелуче в субальпийском (I) и лесном (II) поясах, от западного края к центру поля отложений, длиной 3 км каждый. Трансект III протяженностью 500 м залегает от южного (нижнего) края поля к северу. У начала его, в лиственнично-каменноберезовом лесу с участием ели, сделано полное геоботаническое описание растительности (фрагмент его приведен выше). На всех трансектах в пределах первой тысячи метров площадки размером 20×20 м закладывались через 100, а затем через 200 м. На каждой площадке регулярно закладывалось 20 субплощадок размером 1 м² каждая. Дополнительно измерялись размеры и возраст древесных растений на каждой площадке или возле нее.

В 1996 г. исследования были продолжены на восточной стороне пустыни, с охватом части территории, пострадавшей от пеплопада. Растительность

восточной стороны несколько отличается от западной, например, отсутствием ели. Трансект IV заложен в восточной части поля взрывных отложений и тянется на запад. Собранные на нем материалы дополнили данные 1995 г., когда трансекты охватили западную часть этого поля. Длина трансекта 1996 г. 3 км: первые 20 площадок заложены через 100 м и последние 5 – через 200 м. Трансект расположен на высоте около 600 м, что соответствует верхней части лесного пояса, с преобладанием *Larix cajanderi* и *Betula ermanii*. Параллельно основному трансекту на взрывных отложениях был заложен дополнительный (V) на маломощном чехле пемзы. Площадки закладывались на возвышенных частях явно выраженных пирокластических потоков, так как в низинах слой пемзы выклинивался и там преобладали взрывные отложения.

Всего на 5 трансектах общей длиной около 10 км было заложено 75 площадок 20×20 м. На них было описано более 1300 субплощадок размером 1 м² каждая. Кроме того, производились дополнительные описания растительности и флористические исследования. При обработке большого количества материалов использовались методы статистического анализа (корреляционный, регрессионный и др.).

Результаты

Заселение вулканической пустыни, сформированной отложениями извержения 1964 г. Вулканическая пустыня сформирована двумя типами отложений: отложениями обломочной лавины (взрывными отложениями в иной интерпретации) и отложениями пирокластических потоков. Местами, как на трансекте I, последние частично перекрывают первые. Взрывные отложения представлены неоднородным по размерам (глыбы, щебень, агломерат, мелкозем и др.) и составу материалом взорванной постройки вулкана. Этот материал разбросан хаотично, образуя рельеф с перепадом высот от 1-2 до 10-20 м и более. В субальпийском поясе (трансект I) взрывные отложения частично перекрыты маломощным (до 1 м) чехлом тонких пирокластических отложений и перемытыми отложениями извержений Шивелуча 1980 и 1993 гг., так что конусовидные кучи взрывных отложений высотой до 3-5 м чередуются с покровом перемытой пемзы в низинах.

Всего на площадках (включающих более 1300 метровых субплощадок) пяти трансектов обнаружено 127 видов растений, включая сосудистые, лишайники и мохообразные (прил. 1, 2). Среднее количество видов на площадке (суммарная учетная площадь которой 20 м²) составляет около 20.

Различия в зарастании двух типов отложений лучше всего заметны на высотном уровне лесного пояса (трансект II, табл. 1).

Первые по встречаемости (% на метровых субплощадках) десятки видов-пионеров на различных отложениях (трансект II)

Пирокластические отложения		Взрывные отложения	
Виды	Встречаемость	Виды	Встречаемость
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	88,8	<i>Racomitrium canescens</i>	73,6
<i>Betula ermanii</i>	74,0	<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	60,0
<i>Populus suaveolens</i>	71,3	<i>Polytrichum juniperinum</i>	56,9
<i>Polytrichum juniperinum</i>	50,0	<i>Populus suaveolens</i>	46,5
<i>Salix udensis</i>	46,3	<i>Stereocaulon alpinum</i>	35,6
<i>Salix arctica</i>	35,0	<i>Salix udensis</i>	25,4
<i>Poa malacantha</i>	31,3	<i>Chamerion angustifolium</i>	24,5
<i>Racomitrium canescens</i>	26,3	<i>Poa malacantha</i>	21,5
<i>Calamagrostis purpurea</i>	25,0	<i>Salix arctica</i>	17,0
<i>Picea ajanensis</i>	6,3	<i>Salix caprea</i>	15,0

Из 10 видов-лидеров по встречаемости на пемзовых отложениях на взрывных отложениях в первой десятке осталось 7, но их встречаемость заметно меняется местами. Наиболее распространенный вид на пемзе – лишайник *Stereocaulon vesuvianum*, на взрывных отложениях – мох *Racomitrium canescens*. В целом при переходе от пемзы к взрывным отложениям резко снижается встречаемость деревянистых и отчасти травянистых растений и увеличивается у мхов. Среднее число видов на площадке снижается почти на 40% (20,8 и 12,9 видов соответственно).

С удалением от начала трансектов, которые начинаются на окраинах пустыни и идут в глубь ее, несколько уменьшается количество видов на площадке. Количество видов существенно зависит и от субстрата. Так, оно возрастает с увеличением доли пемзы на трансекте I и покрытия каменистого субстрата против доли рыхлого субстрата (тефра, песок) на трансекте IV.

Встречаемость растений весьма низкая: лишь от 9 до 16 видов (на разных трансектах) встречаются более чем на 10% площадок. Проективное покрытие растений также очень низкое: в среднем 4-5 % на взрывных отложениях, тогда как на пемзе пирокластических потоков (трансект II) около 20%.

Разнообразие жизненных форм видов-пионеров. На вулканических отложениях отмечено 127 видов растений (табл. 2), среди которых явно преобладают лишайники (42 вида; в данном разделе число в скобках означает количество видов) и травянистые поликарпики (43). Мохообразные (12), деревья (12), кустарники (8), полукустарнички (1) и кустарнички (9) представлены значительно меньшим числом видов.

Лихенофлора взрывных отложений вулкана Шивелуч достаточно насыщена в видовом отношении (42 таксона) и специфична для разных частей: на каждом трансекте отмечены виды, присущие только этой части массива.

Спектр жизненных форм видов-пионеров вулканической пустыни 1964 г.

Жизненные формы	Всего	то же,	Транс.	то же,	Транс.	то же,	Транс.	то же,
		%	I	%	II	%	IV	%
Лишайники	42	33,7	11	19,30	10	16,7	32	41
Мохообразные	12	9,5	6	10,5	5	8,3	10	13
Деревья	10	7,9	5	9	9	15	10	12,8
Стланцы	2	1,6	1	1,8	2	3,3	0	0
Кустарники	8	6,3	4	7	6	10	7	9
Кустарнички	9	7,1	4	7	4	6,7	6	7,7
Полукустарнички	1	0,8	1	1,8	0	0	0	0
Трав. поликарпики	43	37,9	25	43,1	24	40	13	16,7
<i>Итого:</i>	127	100	57	100	60	100	78	100

Прослеживается четкая тенденция уменьшения количества видов лишайников от лесного пояса (40) к субальпийскому (11). Наибольшее количество видов (32) отмечено на восточном трансекте IV, из них 29 зарегистрированы только в этой части отложений. На западном трансекте II выявлено 10 видов, но *Peltigera aphthosa* произрастала только в этой части массива. Лихенофлора участка поля отложений, расположенного в субальпийском поясе (трансект I), также немногочисленна и составляет 11 видов, из которых специфичным оказался лишь один – *Cetraria laevigata*.

Отмечено явное преобладание кустистых форм (22) на всех частях поля отложений. В основном это виды родов *Stereocaulon* и *Cladonia*. Листоватые формы лишайников менее многочисленны (10) и представлены видами родов *Peltigera*, *Umbilicaria* и *Solorina*, причем следует отметить их наибольшее видовое разнообразие в восточной части поля (лесной пояс). Представленность накипных форм лишайников нами менее изучена, особенно в западной части, поэтому делать выводы об их распространении преждевременно.

Прослеживаются явные различия лихенофлор западной (13) и восточной (32) частей отложений в лесном поясе. Общими видами для них оказались лишь *Cladonia pleurota*, *Cetraria cuculata* и *Solorina crocea*. Напротив, лихенофлоры западной и субальпийской трансект показали их значительное сходство. Из 13 зарегистрированных здесь видов лишайников общими оказались 10 (*Baemyces absolutus*, *Stereocaulon alpinum*, *S. vesuvianum*, *Thamnolia vermicularis*, *Alectoria nigricans*, *Cladonia ectocyna* и др.).

Мохообразные. В отличие от лихенофлоры бриофлора отложений представлена незначительным числом видов (12), но отмечается сходная тенденция в распределении видов: наибольшая видовая насыщенность (10) и специфичность (6) на восточном трансекте и явное уменьшение видов мхов на западном (5) и субальпийском (6) трансектах. Своеобразие бриофлоры отложений в субальпийском поясе незначительно. К специфичным для данного района видам можно отнести только *Racomitrium lanuginosum*. Общими для

всего поля отложений оказались 4 вида (*Racomitrium canescens*, *Polytrichum juniperinum*, *Pogonatum* spp. и один печеночный мох).

Деревья (фанерофиты). На поле отложений зарегистрировано 10 видов деревьев и два вида стлаников. Большинство из них (ивы, березы, тополь) имеют легко разносимые ветром летучие семена, что способствует их активному заносу на материалы отложений, но выживание молодых растений достаточно проблематично. Суровые условия (ветер, сухость, абразия снегом и вулканическим песком, пыльные бури и др.) препятствуют успешному восстановлению лесного типа растительности даже в зоне лесного пояса.

Как и в случае с лишено- и бриофлорой, наибольшая видовая насыщенность древесными видами характерна для восточной части отложений (10 видов). Только в лесном поясе отложений отмечены: *Picea ajanensis*, *Betula platyphylla*, *Populus tremula*, *Salix bebbiana*, *S. schwerinii*. На всех частях поля зарегистрированы *Larix cajanderi*, *Betula ermanii*, *Populus suaveolens*, *Salix caprea*, *S. udensis*. Стланиковые виды (*Pinus pumila* и *Alnus fruticosa*) присущи лишь западной части поля.

Кустарники (8 видов) в основном представлены стелющимися, вегетативноподвижными, с укореняющимися побегами формами (6) и двумя прямостоячими видами, которые в условиях отложений образуют прижатые к почве кусты. Общими для всей территории оказались 4 вида (*Salix arctica*, *S. chamissonis*, *S. sphenophylla* и *S. pulchra*); отмечены только на восточном трансекте побеги *S. reptans*, *Sorbus sambucifolia*; только на западной трансекте (лесной пояс) – *S. tschuktschorum*. Общим видом для трансектов лесного пояса оказалась голубика (*Vaccinium uliginosum*).

Кустарнички. 9 видов кустарничков представлены как вечнозелеными (6), так и листопадными (3) формами. Кроме одного вида (*Vaccinium vulcanorum*), все они являются в разной степени вегетативноподвижными, стелющимися, с укореняющимися надземными побегами. Только два кустарничка – *Cassiope lycopodioides* и *Salix reticulata* – оказались общими для всего поля отложений. Каждый трансект имеет свои специфичные виды: *Ledum decumbens*, *Vaccinium vulcanorum*, *Salix rotundifolia* – для восточной части (лесной пояс), *Loiseleuria procumbens*, *Ledum palustre* – для западной (лесной пояс), *Rhodococcum vitis-idaea* – для субальпийского пояса, *Empetrum nigrum* – для восточной и субальпийской частей отложений.

Полукустарнички. В субальпийском поясе отмечен подушковидный полукустарничек *Artemisia glomerata*.

Травянистые поликарпики. Травянистые растения, осваивающие взрывные отложения вулкана Шивелуч, представлены 43 многолетними поликарпическими видами, среди которых преобладают дерновинные формы

(23 вида); значительно ниже представленность стержнекорневых (8) и короткокорневищных (12) жизненных форм. Жизненная стратегия этих видов, направленная на формирование разной степени плотности дерновин, системы распростертых по поверхности субстрата розеток, подушек, а также мощных корневых систем, вполне реализуется при закреплении отдельных особей на подвижной рыхлой части вулканических материалов. Плотнокустовые и рыхлокустовые формы (*Festuca brevissima*, *Trisetum spicatum*, *Agrostis kudoii*, *Poa malacantha*, *Carex krascheninnikovii*, *Leymus interior*, *Juncus beringensis*, *J. biglumis*) формируют плотные дерновинки, впоследствии сливающиеся и стабилизирующие рыхлый субстрат мощной системой корней и надземных побегов. Достаточно многочисленная группа длиннокорневищных дерновинных форм (14) более вегетативноподвижная и способна к активному захвату рыхлого грунта и его стабилизации.

Не менее активны стержнекорневые (*Oxytropis pumilio*, *O. kamtschatica*, *O. ochotensis*, *Ermania parryoides* и др.) и короткокорневищные (*Artemisia arctica*, *Pedicularis resupinata* и др.) растения. Долгоживущие системы главного корня с разветвленным каудексом, уходящие глубоко в субстрат, позволяют закрепиться в подвижном грунте и ежегодно создавать разветвленную систему надземных побегов.

В представленности многолетних поликарпиков в разных частях отложений наблюдается тенденция, противоположная отмеченной для лишено- и бриофлор. В восточной части поля отложений отмечена самая низкая видовая насыщенность (13) травянистыми видами, тогда как на западной (24) и в субальпийском поясе (25) роль этой группы жизненных форм значительно повышается. Специфичность восточного участка выражена четырьмя видами (*Oxytropis kamtschatica*, *Artemisia arctica*, *Saussurea pseudotilesii*, *Minuartia macrocarpa*).

Высокая видовая насыщенность травянистыми поликарпиками западного и субальпийского участков сопровождается значительным числом специфичных для них видов. На западном трансекте (лесной пояс) их 10 (*Oxytropis ochotensis*, *Ermania parryoides*, *Dryopteris expansa*, *Juncus beringensis*, *Anaphalis margaritacea*, *Antennaria dioica*, *Artemisia opulenta*, *Equisetum arvense*, *Pyrola minor*, *Phegopteris connectilis*), а на субальпийском 14 (*Oxyria digyna*, *Aster sibiricus*, *Luzula pallescens*, *Juncus biglumis*, *Carex krascheninnikovii*, *Astragalus frigidus*, *Papaver microcarpum*, *Castilleja pallida*, *Pedicularis resupinata*, *Festuca brevissima*, *Agrostis kudoii*, *Saxifraga cherlerioides*, *Minuartia arctica*, *M. verna*). Общими являются только 6 видов (*Chamerion latifolium*, *Polemonium boreale*, *Leymus interior*, *Trisetum spicatum*, *Oxytropis revoluta*, *Saxifraga purpurascens*).

Общими для всего поля отложений оказались 4 вида в определенной степени вегетативноподвижных дерновинных (*Tanacetum boreale*, *Stellaria*

eschscholtziana, *Poa malacantha*, *Chamerion angustifolium*), для отложений в лесном поясе (восточный и западный трансекты) 3 (*Campanula lasiocarpa*, *Calamagrostis purpurea*, *Gymnocarpium dryopteris*).

Доминанты. Группу видов, проявивших относительно высокую встречаемость и обилие, составляют 3 вида листового лишайника (*Umbilicaria hyperborea*, *Peltigera rufescens*, *Solorina crocea*), 5 видов мхов (*Ceratodon purpurea*, *Pogonatum* spp., *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, *Racomitrium canescens*), 4 стелющихся (*Salix arctica*, *S. chamissonis*, *S. reptans*, *S. sphenophylla*), 2 прямостоячих кустарника (*Salix pulchra*, *Vaccinium uliginosum*), 6 листопадных деревьев (*Betula ermanii*, *B. platyphylla*, *Populus suaveolens*, *Salix caprea*, *S. bebbiana*, *S. udensis*).

Заселение отложений обломочной лавины

Рассмотрим распределение растений на примере трансекта IV, где заложено наибольшее число площадок на взрывных отложениях (всего 500 метровых субплощадок). Вдоль трансекта IV преобладает мелкохолмистый (перепад высот конусовидных холмов 3-5 м) рельеф, образованный выброшенными материалами постройки вулкана. Преобладающая часть породы – мелкий обломочный материал размером не более 15 см в поперечнике. Местами встречаются развалы более крупных глыб (до 1 м и более). Несколько площадок трансекта пришлось на плоские русла временных водотоков, заполненные перемытыми пемзово-песчаными отложениями (площадки 5, 6, 20). Растения на таких участках не обнаружены. К концу трансекта (площадки 24, 25) нагромождения глыб начинают покрывать до 50% площади. Здесь, вероятно, проходила одна из осей выброса материала постройки вулкана. Взрывные отложения перекрыты местами маломощным слоем пемзы и почти повсеместно – тефрой, мощность которой составляет несколько сантиметров.

Всего на площадках трансекта обнаружен 81 вид растений, из них со встречаемостью более 1 % (при учете на метровых субплощадках) – 35, а более 10 % – 16 видов. В первой десятке наиболее часто встречающихся растений – 3 вида лишайников, по два вида мхов и деревьев, а также по одному кустарнику, кустарничку и накипному лишайнику. Число видов на учетных площадках 20 м² варьируется от 17 до 32, составляя в среднем 23 вида. Количество видов на площадке негативно коррелирует с покрытием рыхлыми наносами – тефрой, песком ($r = -0,38$ и $-0,29$ соответственно) и позитивно – с твердым каменистым субстратом ($r = 0,62$). Корреляция встречаемости доминирующих видов с типом субстрата показала, что почти все виды позитивно связаны с твердыми стабильными субстратами и избегают рыхлых нестабильных субстратов.

Среднее покрытие метровой субплощадки растениями меняется от менее чем 1 до почти 26%, составляя в среднем около 5%. Покрытие первых десяти доминирующих видов составляет в сумме 4,3 %, из которых более половины (2,8 %) составляет мох *Polytrichum piliferum*, а остальное – мох *Ceratodon purpureus* (0,68%) и незначительно – 4 вида деревянистых растений и 4 вида лишайников.

Анализ связи между проективным покрытием доминантов и типом субстрата показывает некоторую позитивную корреляцию между покрытием тефры и *Polytrichum piliferum* ($r = 0,37$), а также *Salix sphenophylla* ($r = 0,33$). Связь между суммой покрытий всех видов и покрытием тефры также заметна ($r = 0,42$), но негативно с покрытием каменистого субстрата ($r = -0,42$).

Для того, чтобы выяснить связь жизненных форм с субстратом, мы проанализировали распределение видов с константностью более 1 % (35 видов) по жизненным формам. Четыре основные группы растений (кустарнички, лиственные деревья, кустистые и листоватые лишайники, мхи), встречающиеся в почти 87 % случаев, негативно связаны с рыхлыми наносами (тефра, песок), но позитивно – с каменистым субстратом (за исключением мхов). Мхи приурочены к примитивной почве, отчасти – к пемзе. Накипные лишайники, встречающиеся нечасто (менее 7 % случаев), также негативно относятся к рыхлым субстратам и позитивно – к стабильным (камни, пемза). Все древесные растения располагаются по ложинкам и ложбинкам. Возраст наиболее крупных растений (лиственница достигает 1 м в высоту) не превышает 16 лет. Кустарниковые ивы тяготеют к ложбинкам между холмиков, где скапливалась пылеватая фракция отложений и образовался глинистый субстрат с периодическим стоянием воды.

Заселение отложений пирокластических потоков

Профили проходят через пирокластические отложения, представленные окатанными кусками светлой дацитовой пемзы размером в среднем около 10 см в районе профиля II и не более 1-2 см в районе профиля I. На трансекте II лишь первые 4 площадки располагаются на пемзе пирокластических потоков, а остальные 16 – на взрывных отложениях; на трансекте I они находятся на неоднородной по составу пород поверхности, состоящей из комбинации тех и других, при этом характер пемзы на профилях заметно отличается. В этих условиях на трансекте I было отмечено 58, а на пемзе трансекта II – 38 видов растений.

Мы имеем некоторые данные по встречаемости растений в районе начала профиля II, полученные 14 лет спустя после извержения 1964 г. В 1978 г.

С.Ю. Гришиным и А.Н. Сидельниковым было заложено 16 площадок размером 2×2 м, располагающихся в среднем через каждые 50 м. Площадки 1-12 располагались в основном на пемзе, а 13-16 – на отложениях сухой речки Каменской (на последних растения не были обнаружены). На 8 из первых 12 площадок отмечены ивы, главным образом *Salix udensis* (в среднем 21 экз./площ., или 4,2 экз./м²). Ольховник обнаружен на 5 площадках (в среднем 4,2 экз./площ., или 1,05 экз./м²). Преобладающее число древесных растений являлось всходами или мелким (0,1-0,2 м высотой) подростом. На профиле 1978 г. единично встречались также травянистые пионеры (*Calamagrostis spp.*, *Poa malacantha*, *Chamerion angustifolium* были отмечены только на одной площадке, где суммарно покрывали не более 10% пространства). Между кусками пемзы на площадках были отмечены мхи.

На трансекте V куски пемзы составляли в среднем 5-10 см в поперечнике. Под поверхностным слоем кусков пемзы располагался песок, занимавший до 50% объема грунта. На 80 метровых субплощадках было собрано 47 видов растений. В первой десятке по встречаемости отмечено 5 видов лишайников, включая 1 накипной, 4 вида мхов и 1 кустарничек (*Salix arctica*). Количество древесных и травянистых растений было очень небольшое, что явно связано с неблагоприятными условиями открытых продуваемых мест. Древесные растения (лиственница, тополь, береза плосколистная, кустарничковые ивы) имели высоту 0,2-0,4 м и возраст 5-15 лет. Почти все они приурочены к замоховевшим ложбинам.

Поселение древесных пионеров. Мы проанализировали изменения возрастов древесных растений на трех трансектах (I-III) и выявили очевидное их уменьшение от трансекта III к трансекту I по мере увеличения суровости местообитаний и расстояния от стены непострадавшей растительности:

Виды	Возраст на трансектах Fruticosa		
	I	II	III
<i>Alnus fruticosa</i>	11	15	19
<i>Populus suaveolens</i>	7	9	11,5
<i>Larix cajanderi</i>	–	16	23

Эти данные вполне согласуются с приведенными выше сведениями о возрасте подроста в 1978 г. Те и другие говорят о том, что эффективное закрепление древесных поселенцев в высотной полосе лесного пояса произошло лишь 10-15 лет спустя после возникновения нового субстрата. В 1995 г. пирокластические потоки на юго-западной окраине вулканической пустыни (близ сухой речки Байдарной) довольно интенсивно были заселены древесными растениями, из которых по встречаемости преобладали береза Эрмана, тополь и ива удская, а по размерам и относительному обилию в ландшафте выделялись

кусты ольховника. Последние имеют высоту и диаметр кроны 1-1,5 м, диаметр основания ветвей 5-6 см. Другие древесные растения были заметно меньше: высотой 0,2-0,4 м и угнетенные, по-видимому, вследствие ветровой абразии снегом, тефрой и др. Отдельные кусты ольховника, особенно у нижнего края пустыни, достигают высоты 3 м, диаметра оснований 7-8 см, возраста до 20 лет. В целом можно отметить, что в закрытых от ветра участках ольховник является потенциальным доминантом следующего (после пионерного) этапа сукцессии.

«Пьяный» лес

Колоссальная кинетическая энергия гигантской массы обломочной лавины вызвала интересное природное явление – образование «пьяного» леса на площади в несколько квадратных километров. Перед фронтом лавины грунт мощностью в несколько метров был смещен на десятки метров и смят в складки. В результате деревья были наклонены в разные стороны и впоследствии в значительной части усохли, вероятно вследствие повреждения корневых систем. Это явление наблюдалось в той или иной степени по всему фронту лавины, но наиболее ярко было выражено в юго-восточной части вулканической пустыни. До извержения 1964 г. здесь на отложениях, имеющих, по данным М.М. Певзнер (личное сообщение), возраст несколько сотен лет, росло лиственничное редколесье с единичными березами. Большинство старых берез погибло. Они достигали высоты 15 м, диаметр на высоте груди был 30-40 см.

В настоящее время в условиях специфического мезорельефа (чередования гряд и низин между ними, занятых озерами) господствует комплексная растительность. Она включает верещатники из шикши, брусники, голубики и кустарничковых ив на вершинах гряд и увалов. Там же встречаются обнажения из тефры (представленной лапилли размером 2-4 см), покрывающей около 20% поверхности. В низинах и на склонах господствуют кустарники, главным образом *Salix pulchra* высотой до 0,5-0,8 м, и фрагменты луговых сообществ. Мы отметили значительное возобновление березы каменной и лиственницы. Молодые березки (диаметр на высоте груди 3-5 см) достигли высоты 2-4 м.

Вторичная сукцессия после пеплопада 1964 г.

Для изучения последствий пеплопада была сделана серия геоботанических описаний вдоль долин рек Бекеш и Кабеку, образовавших профиль по юго-восточному склону Шивелуча от лесного до альпийского поясов. В пределах

этого профиля снизу вверх происходит увеличение мощности отложенной тефры. Тефра приземлялась уже остывшей (Горшков, Дубик, 1969), но благодаря крупным размерам частиц привела к существенному поражению древесной растительности. Наиболее очевидные изменения в составе и структуре сообществ под действием пеплопада произошли в лесном поясе. Рассмотрим их (с разной степенью детальности) на примере пяти описаний в переходе от лиственничного до каменноберезового леса, в интервале от около 300 до приблизительно 600 м над ур.м.

1. Правый берег р. Кабеку, первая терраса, высота 2-5 м над поймой. Абсолютная высота 290 м. Древостой состоит в первом ярусе из лиственницы высотой до 25 м и диаметром на высоте груди до 50-70 см, во втором ярусе преимущественно из березы каменной высотой до 15 м и диаметром 15-25 см, в третьем ярусе из ив (*Salix udensis*, *S. caprea*) высотой до 10 м, диаметром 10-15 см (некоторые – до 20-30 см). Отмечены единичные пни березы плосколистной диаметром до 20 см. По сумме площадей сечений стволов (всего – 25 м²/га) нам удалось установить, что древостой состоит из лиственницы (56%), березы каменной (24%) и ивы удской (20%). Значительная часть лиственниц (43%, а местами и более 50%) усохла под воздействием сравнительно маломощного пеплопада, отложившего здесь 13 см тефры с размером частиц 1-2 см. Сверху тефра перекрыта маломощным горизонтом новообразующейся почвы, подстилкой и опадом (в сумме около 8 см).

2. Терраса левого берега р. Бекеш у слияния рек Кабеку и Бекеш. Абсолютная высота 330 м. Мощность тефры 16-17 см. В первом ярусе до извержения господствовала лиственница высотой до 20 м и диаметром до 50 см, затем большей частью погибшая. Во втором ярусе преобладает каменная береза высотой до 15 м, диаметром 20-50 см. К настоящему времени заметно разросся молодняк березы (диаметр 10-20 см). В подлеске – высокий, до 6 м, ольховник (покрывает до 50%) и рябина бузинолистная высотой 1-2 м (покрытие до 35%). Из кустарников встречены жимолость *Lonicera caerulea* и смородина *Ribes triste*, покрывающие до 5 %. Покрытие травяного яруса высотой до 0,5 м не превышает 70 %. Доминирует в покрове *Calamagrostis purpurea*, при меньшем участии *Chamaerion angustifolium*, *Rubus arcticus*, *Linnaea borealis*.

3. Правый берег р. Бекеш, склон (5°) в долину реки. Абсолютная высота 360 м. На этом уровне заканчивается господство лиственничников в пределах данного профиля, при этом они максимально разрушены пеплопадом. Опишем поэтому ситуацию здесь более детально. Был заложен трансект размером 100×20 м с полным перечетом древостоя и подроста, картированием вертикальной и горизонтальной структуры сообщества (рис. 2), учетом состава и проективного покрытия нижних ярусов на 20 площадках по 1 м².

До извержения здесь был разреженный лес с доминированием невысоких (до 13-15 м), часто сбегистых лиственниц диаметром до 50-60 см. Склоны ближайших холмов покрыты березой каменной и ольховником. В результате пеплопада было отложено 20 см грубого шлака с размером частиц 1-5 см (преобладающий размер около 2 см). Шлак нанес серьезные механические повреждения древостою, в результате чего большинство лиственниц погибло. Так, на учетной площади размером 0,2 га из 32 стволов диаметром на высоте груди более 10 см выжило лишь 2 дерева. Отмечено, что многие из выживших деревьев росли под защитой крон более крупных погибших лиственниц. В настоящее время у крупных уцелевших деревьев преобладает высота 10-12 м при диаметре около 25 см (отдельные более крупные – редкость). Очевидно, что на момент пеплопада это был молодняк с небольшими кронами. Погибла также и часть присутствовавших поблизости каменных берез (до 20-30 %).

Сейчас среди стволов молодняка диаметром 6-10 см преобладают живые, все они имеют возраст до 20-22 лет. Молодняк диаметром 2-6 см весь живой, его количество 1000 шт./га. Количество живого подроста лиственницы (диаметр до 2 см) достигает 1900 шт./га, а усохшего – вдвое больше.

Значительно больше отмечено подроста лиственных пород – березы каменной (18500 шт./га) и тополя (7000 шт./га), а также небольшое количество березы плосколистной и ив (*Salix bebbiana*, *S. caprea*). Единично отмечен подрост ели аянской, практически не участвующей в составе лесов этой части Шивелуча. Обильный подрост образует среднее покрытие поверхности 37% (по данным 20 метровых учетных площадок), а 5 видов подлеска – 9%.

Нижние ярусы сомкнуты заметно меньше: травяно-кустарничковый (23 вида) покрывает 15, мхи (5 видов) – 9, лишайники (17 видов) – 5% поверхности. Местами поверхность образует голый шлак, на котором растут небольшие (15-20 см в поперечнике) латки лишайников.

Выше пробной площади располагается вершина пологого увала, где шлаковые обнажения занимают до 50 % поверхности, на 60-70% покрытые лишайниками. Встречается на этих проплешинах и колосняк *Leymus interior* – важный пионер вулканических пустынь, который растет куртинками диаметром до 2 м.

Наиболее густой покров формируется вокруг пней отпавших лиственниц. Кроме колосняка и иван-чая здесь можно встретить *Empetrum nigrum*, *Rubus arcticus*, куртины кустарничковых ив (*Salix arctica*), несколько видов мхов и лишайников, из которых выделяются *Peltigera*, а также *Lonicera caerulea*, *Tanacetum boreale*, *Saussurea pseudo-tilesii*, *Artemisia opulenta*, *Vaccinium uliginosum*, *Calamagrostis purpurea* и другие виды, образующие сомкнутый покров на этих более благоприятных местообитаниях.

4. Левый берег р. Бекеш, 50 м от уступа террасы, абсолютная высота около 450 м. Пологий склон юго-восточной экспозиции. До извержения здесь рос

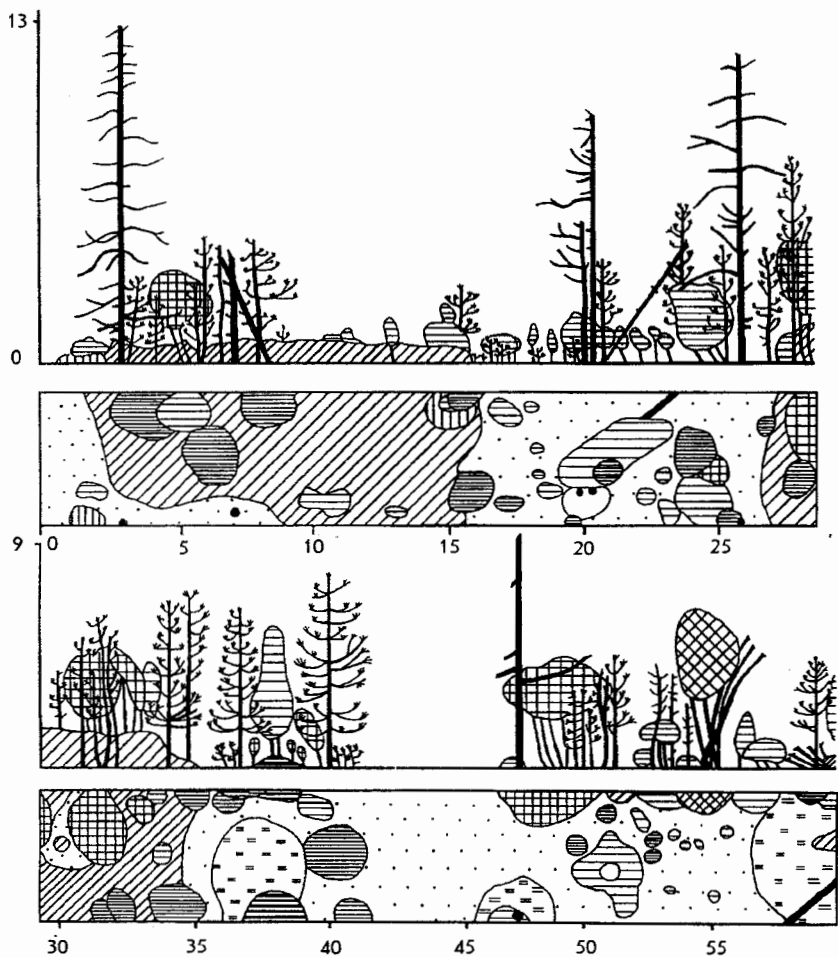
каменноберезовый лес с участием единичных лиственниц и подлеском из ольховника. Мощность выпавшей тefры здесь достигла 24 см, в результате чего большая часть деревьев погибла. К 1996 г. произошел частичный распад стволов: все они были без коры, с небольшим количеством (от 1 до 4) основных обломанных ветвей. Валеж и пни берез, а также кочки вейника образовали микрорельеф высотой до 1 м. Диаметр сухих стволов на высоте груди составляет 20-50 см, высота 7-9 м (у живых деревьев, вероятно, была на 2-3 м выше). Часть берез (до 30%), особенно молодых (диаметр 10-20 см), пережила извержение. В подлеске сейчас господствует ольховник высотой 3-4 м, покрывающий до 50%, с участием кустарниковой рябины (высота до 2 м, покрытие 1-3%). Диаметр оснований стволов ольховника составляет 10, реже до 15 см. В подросте встречены *Betula platyphylla*, *B. ermanii*, *Alnus fruticosa*, *Populus suaveolens*. Семенное возобновление концентрируется на отдельных шлаковых незадерненных пятнах.

Пространство между куртинами ольховника заполнено вейниковыми полянами (размером от 5-10 м до 20-30 м в поперечнике) с разнотравьем и мелкими кустарниками. Состав кустарниковых синузий: *Salix pulchra*, *Rosa amblyotis*, *Lonicera caerulea*, *Spiraea beauverdiana*, *Salix bebbiana*. Обилие видов по шкале Друде не превышает *sol-sp_{gr}*, высота кустарника составляет от 0,5 до 1,0 м.

Вейничники формируются на хорошо освещенных пространствах между ольховником, общее проективное покрытие травостоя достигает от 70 до 100%, высота 1,0-1,4 м. В составе травостоя в первом подъярусе высотой 1,0-1,4 м представлены: *Calamagrostis purpurea* (покрытие 60%), *Chamerion angustifolium* (40%), *Artemisia opulenta* (5%), *Senecio cannabifolius* (5%), *Thalictrum minus* (2%). Во втором подъярусе высотой 5-10 см покрытие на разных участках значительно отличается (от 5% до 80%), резко выражена мозаичность. Здесь отмечены: *Arctous alpina* (5%), *Stellaria fenzlii* (5-10%), *Moehringia lateriflora* (5-10%), *Trientalis europaea* (5%). Разнотравно-мятликовые синузии концентрируются на более выпуклых открытых участках, в растительном покрове занимают не более 5%. Проективное покрытие здесь довольно высокое (50-80%). Доминанты синузии: *Poa malacantha* (от 10 до 80%), *Saussurea pseudotilesii* (10-50%) и *Geranium erianthum* (5-15%).

Мхи и лишайники немногочисленны и покрывают небольшие участки свободных от ветоши стволов валежа и оснований пней, а также незадерненного пепла. Общее покрытие их не выше 4-5%. Среди них отмечены виды рода *Polytrichum*, *Pelrigera*, *Stereocaulon*, *Cladonia*.

5. Левый берег р. Бекеш, абсолютная высота около 550 м. Условия очень близки к тем, что были на предыдущей точке. Мощность тefры здесь достигает 26-27 см, и значительную долю поверхности (до 40%) составляют обнажения



тефры, покрытые куртинками лишайников и мхов. До извержения здесь был разреженный каменноберезовый лес, полностью погибший. Часть подроста, тем не менее, уцелела и 32 года спустя представляет собой молодые березки высотой до 6 м и диаметром на высоте груди 10-15 см. На сухих обнажениях отмечено много подроста березы высотой 1,5-2 м. В подлеске преобладает ольховник (до 30 %). В травостое высотой до 0,7-1 м много полыни и пижмы (*Artemisia opulenta*, *Tanacetum boreale*), но преобладают вейник и иван-чай (*Calamagrostis purpurea*, *Chamerion angustifolium*).

Таким образом, лесная растительность, испытавшая воздействие аэраль-ной пирокластики в виде лапилли, отложившейся слоем мощностью от 13 до

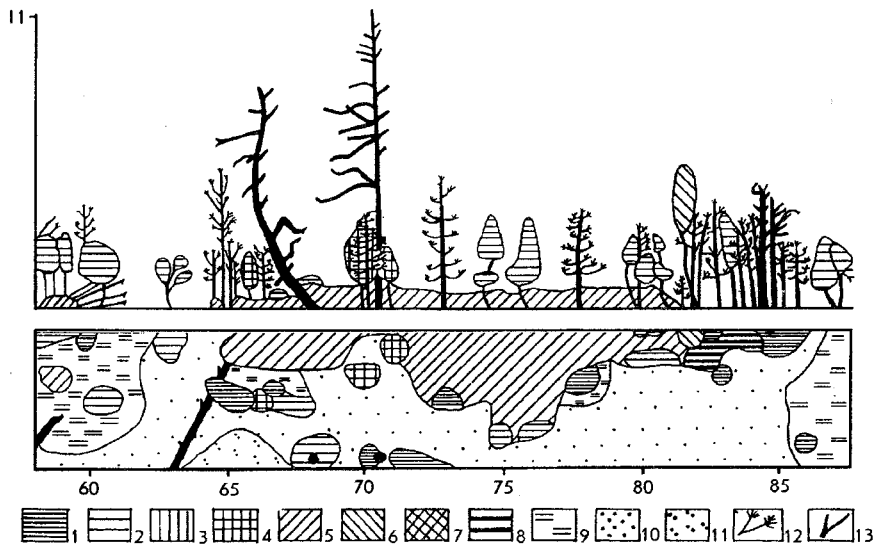


Рис. 2. Условные обозначения к профильной диаграмме лиственничника.

1 – лиственница Каяндера (*Larix cajanderi*); 2 – береза Эрмана (*Betula ermanii*); 3 – ольховник кустарниковый (*Alnus fruticosa*); 4 – ива Бибба (*Salix bebbiana*); 5 – ива красивая (*Salix pulchra*); 6 – тополь душистый (*Populus suaveolens*); 7 – ива удская (*Salix udensis*); 8 – шикша сибирская (*Empetrum sibiricum*); 9 – кипрейно-вейниковая синузия (*Chamerion angustifolium*, *Calamagrostis purpurea*); 10 – синузия кустистых лишайников (*Stereocaulon*, *Cladonia*, *Cladina*); 11 – синузия листоватых лишайников (*Peltigera polydactyla*, *P. scabra*, *Lobaria linita*); 12 – живые лиственницы; 13 – сухие лиственницы

27 см, демонстрирует ряд по степени разрушения сообществ: от частично нарушенных до сообществ, где произошла полная гибель господствующего яруса (древостоя). При минимальной мощности отложений (в средней части лесного пояса) погибло до 30-50% стволов лиственницы, при максимальной (в верхней части лесного пояса) – все деревья березы каменной. В нарушенных лиственничниках имеется нормальное возобновление лиственницы, поэтому восстановление этих лесов произойдет в течение 1 поколения деревьев (около 100-200 лет). В поясе полностью погибшего каменноберезняка в настоящее время основные позиции захватили ольховник и луговая растительность, поэтому процесс полного восстановления растянется на долгие годы, вероятно, не менее 500 лет. Возможно, препятствием господству березы будет захват свободного пространства быстрорастущим ольховником.

По данным вулканологов, работавших в 1997 г. на восточном склоне Шивелуча, по правобережью р. Ильчинец стоят массивы усохших лиственничников, а выше перевала-водораздела между бассейнами северного и восточного

склона, расположенного на высоте около 500 м, господствуют злаковые луга (М.М. Певзнер, личное сообщение). Последние, вероятно, сменили погибшую субальпийскую растительность.

Воздействие пеплопада 1964 г. на альпийскую и субальпийскую растительность вулкана Шивелуч. Прежде всего следует отметить, что даже в зоне схода пирокластических потоков в истоках р. Кабеку растительность не была полностью уничтожена. Об этом свидетельствует уцелевший среди пемзовых пустынь “островок” луговинной тундры по южному склону невысокого холма (около 40-50 м высотой) на высоте 1100 м над ур. м.

В наибольшей мере разрушительное воздействие пеплопада сказалось на плоских или выположенных водораздельных пространствах на всём протяжении обследованной территории, от истоков р. Кабеку до сопки Сомкорок (высота 898 м) по левому берегу р. Сухой Ильчинец. Можно полагать, что горные тундры, равно как и субальпийские луга и заросли ольховника, в той или иной степени сохранились только на более-менее крутых склонах или же по наиболее приподнятым частям водоразделов. Именно на склонах горы Сомкорок были встречены наиболее богатые по набору видов варианты луговинных тундр и субальпийских лугов. Вероятно, эти сохранившиеся участки и послужили источником семян для заселения водоразделов. Вместе с тем семена ряда видов, собранных на отложениях пирокластических потоков, по-видимому, были занесены издалека, с северо-западных и северо-восточных склонов Шивелуча, в меньшей степени затронутых извержением.

В настоящее время на плоских водоразделах в пределах верхней части пояса зарослей ольховника, уничтоженного пеплопадом (около 650-750 м над ур. м.), распространены пионерные сообщества, представляющие собой крупные куртины *Leymus interior*, *Poa malacantha*, с примесью *Salix arctica* и ряда других пионерных видов, типичных для шлаковых и пепловых полей. Выше эти сообщества постепенно переходят в пионерные сообщества, по облику и набору видов более близкие к горным тундрам. Ольховник присутствует здесь только в виде редких крохотных особей (наряду с мелким подростом берёзы Эрмана и лиственницы), и только местами, на приподнятых гребнях водоразделов в верховьях р. Кабеку, сохранились узкие полоски ольховника, произрастающие до 700 м над ур. м.

Обращает на себя внимание формирование молодых редколесий из древесных и кустарниковых ив, тополя и берёз на высоте 570-600 м в верховьях р. Кабеку и около 650-670 м в верховьях р. Сухой Ильчинец на значительном расстоянии от нынешней верхней границы леса (на приподнятых террасах).

Обилие бобовых, а местами и доминирование их в сообществах луговинных и травяных тундр явно представляет собою одну из стадий

сукцессии и довольно типично для высокогорий действующих вулканов. В горных тундрах Восточного и Срединного хребтов, как и на более древних вулканах Камчатки, бобовые занимают довольно скромное место.

Заключение

Извержение 1964 г. вызвало поражение растительности на большой территории. Выброс огромного объема материалов постройки вулкана и пирокластических отложений привел к полному уничтожению растительного покрова на площади более 100 км². На этой территории образовалась вулканическая пустыня и началась первичная сукцессия. На значительной территории произошло существенное поражение растительности под влиянием пеплопада. Площадь ее может быть оценена в первом приближении в 200-300 км². Здесь протекают главным образом вторичная сукцессия и восстановление частично нарушенной растительности.

Заселение растениями вулканических отложений на вулкане Шивелуч имеет ряд специфических черт и некоторые различия с начальными стадиями сукцессий на других вулканах Камчатки, обследованных нами. Шивелуч находится на северной окраине области хвойных лесов центральной Камчатки. Вследствие этого в сукцессии на Шивелуче участвуют доминанты лесной растительности лиственница и ель, а также березы – плосколистная и Эрмана (*Betula platyphylla* и *B. ermanii*). Выявлены существенные различия в составе видов-пионеров в разных частях поля отложений 1964 г. Так, совсем не отмечены в восточной части пустыни важнейшие доминанты субальпийского пояса – *Pinus pumila* и *Alnus fruticosa*. Вероятно, они должны появиться на более продвинутых этапах сукцессий. На отложениях вулканической пустыни 1964 г. слабо представлен важнейший доминант пионерного этапа на многих вулканах – злак *Leymus interior*, а наиболее обильным является мох *Polytrichum piliferum*. Существенную роль в сукцессии на Шивелуче играют лишайники. В целом, судя по разнообразию флоры, микроэдафические и микроклиматические условия вулканической пустыни Шивелуча, вероятно, несколько более благоприятны для растений, чем, например, условия на аналогичных отложениях обломочной лавины вулкана Безымянный (Ключевская группа вулканов).

Каковы перспективы сукцессии на Шивелуче? В течение ближайших десятилетий количество видов и их покрытие, вероятно, существенно не изменятся, но на протяжении столетия эти параметры могут увеличиться. Дальнейшие перспективы сукцессии связаны, по всей видимости, с постепенным формированием субальпийской лугово-стланиковой переходной растительности через многочисленные серийные группировки, в частности, открытые лугово-тундровые, локальные заросли ив и другие. Этот процесс может занять

несколько сотен лет. Субальпийская растительность постепенно будет сменяться лесной – березовыми лесами и лиственничными редколесьями. По аналогии с другими исследованными нами районами Камчатки можно предположить, что эта сукцессия может длиться в целом не менее 1000 лет (при отсутствии новых катастроф). Вулканологи, однако, дают прогноз относительно спокойного существования вулкана только до середины следующего столетия...

Авторы выражают искреннюю благодарность В.Я. Черданцевой (БПИ ДВО РАН), определившей наши сборы мхов; И.Ф. Скириной (ТИГ ДВО РАН) и А.Г. Микулину (БПИ), определившим сборы лишайников; С.В. Осипову (БПИ), принимавшему участие в сборе полевых материалов 1995 г.; М.М. Певзнер (ГИН РАН), Ю.М. Дубику, И.В. Мелекесцеву, О.А. Брайцевой, А.Б. Белоусову (ИВГиГ ДВО РАН), давшим консультации о вулкане и событиях 1964 г.

Исследование было поддержано грантами РФФИ 95-05-165365 и 96-05-64967.

Литература

Белоусов А.Б., Белоусова М.Г. Извержение вулкана Шивелуч в 1964 г. (Камчатка) – плинианское извержение, предвалявшееся крупномасштабным обрушением постройки // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4. С. 116-126.

Богоявленская Г.Е., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. и др. Катастрофические извержения типа направленных взрывов на вулканах Сент-Хеленс, Бзымянный, Шивелуч // Вулканология и сейсмология. 1985. № 2. С. 3-26.

Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др. Геохронология и параметры крупнейших эксплозивных извержений на Камчатке за последние 10000 лет // Российская наука: выстоять и возродиться. М.: Наука, 1997. С. 237-244.

Васильев Н.Г., Степанова К.Д. Высотная поясность растительности вулкана Шивелуч // Биологические ресурсы суши севера Дальнего Востока. Владивосток, 1971. Т. 1. С. 164-168.

Горшков Г.С., Дубик Ю.М. Направленный взрыв на вулкане Шивелуч // Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 3-37.

Карпачевский Л.О., Турков В.Г. К характеристике растительности и почв южного склона вулкана Шивелуч // Биол. науки. 1972. № 8. С. 119-126.

Комаров В.Л. Флора полуострова Камчатки // Избр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 7-8. 506 с., 526 с.

Манько Ю.И., Сидельников А.Н. Влияние вулканизма на растительность. Владивосток: ДВО РАН, 1989. 161 с.

Мелекесцев И.В., Вольнец О.Н., Брайцева О.А. и др. Вулкан Шивелуч // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 1. С. 84-105.

Певзнер М.М. История эруптивной деятельности вулкана Шивелуч в голоцене: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М.: ГИН РАН, 1994. 19 с.

Пийп Б.И., Мархинин Е.Г. Гигантское извержение вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 года // Бюл. вулканолог. станций. 1965. № 39. С. 28-34.

Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Л.-СПб.: Наука, 1985-1996. Т. 1-8.

Справочник по климату СССР. Вып. 27. Камчатская обл. Л., 1966. Ч. 2. 184 с.; 1968. Ч. 4. 211 с.

Список сосудистых растений вулкана Шивелуч

ВИДЫ	Пем	Вэр	Ли	Кб	Ол	Ттр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>Peridium aquilinum</i> (L.) Kuhn													
<i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fras.-Jenk. et Jermsy	+												
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth s.l.													
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newm.	+	+											
<i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) Watt	+												
<i>Equisetum arvense</i> L.	+		+						+	+	+	+	+
<i>E. hyemale</i> L.													
<i>E. pratense</i> L.			+										
<i>E. sylvaticum</i> L.													
<i>E. variegatum</i> Schleich. ex Web. et Mohr.													
<i>Diphasiastrum alpinum</i> (L.) Holub													
<i>D. complanatum</i> (L.) Holub													
<i>Lycopodium annotinum</i> L.													
<i>L. clavatum</i> L.													
<i>L. lagopus</i> (Laest.) Zinserl. ex Kuzen.													
<i>Picea ajanensis</i> (Lindl. ex Gord.) Fisch. ex Carr.	+	+	+										
<i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel		+					+						
<i>Larix cajanderi</i> Mayr	+	+	+		+		+		+	+			
<i>Juniperus sibirica</i> Burgsd.													
<i>Agrostis clavata</i> Trin.													
<i>A. kronokensis</i> Probat.													
<i>A. kudoi</i> Honda						+	+	+				+	+
<i>A. mertensii</i> Trin.													

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Тгр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>Bromopsis pumPELLIANA</i> (Scribn.) Holub												+	
<i>B. ornans</i> (Kom.) Holub						+							
<i>Calamagrostis purpurea</i> (Trin.) Link. s.l.	+	+	+	+	+				+	+		+	
<i>C. sesquiflora</i> (Trin.) Trin.						+	+						+
<i>Elymus hyperarcticus</i> (Polun.) Tzvel.													
<i>Festuca altaica</i> Trin.						+	+			+			
<i>F. rubra</i> L.						+	+		+	+	+		
<i>Hierochloë alpina</i> (Sw.) Roem. et Schult.													
<i>Leymus interior</i> (Hult.) Tzvel.		+					+	+	+	+	+		
<i>Phleum alpinum</i> L.													
<i>Poa alpigena</i> (Blytt) Lindm.													
<i>P. arctica</i> R. Br.													
<i>P. malacantha</i> Kom.	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. platyantha</i> Kom.			+	+	+								
<i>Trisetum sibiricum</i> Rupr. s.l.			+										
<i>T. spicatum</i> (L.) K. Richt. s.l.	+					+	+					+	+
<i>Carex appendiculata</i> (Trautv. et C.A. Mey.) Kük.													
<i>C. koraginensis</i> Meinsh.						+	+	+	+			+	+
<i>C. krascheninnikovii</i> Kom. ex V. Krecz.													
<i>C. longirostrata</i> C.A. Mey.													
<i>C. pallida</i> C.A. Mey.													
<i>C. tripartita</i> All.													
<i>C. vesicata</i> Meinsh.													
<i>Eriophorum</i> <i>polystachyon</i> L.													
<i>Juncus ambiguus</i> Guss.													
<i>J. beringensis</i> Buchenau		+					+				+	+	+
<i>J. filiformis</i> L.													
<i>J. haenkei</i> E. Mey.													

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Тгр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>Luzula camtschadalorum</i> (Sam.) Gorodk. ex Kryl.						+	+				+		+
<i>L. multiflora</i> (Ehrh. ex Retz.) Lej. s.l.						+						+	+
<i>L. parviflora</i> (Ehrh.) Desv.													
<i>Veratrum oxysepalum</i> Turcz.					+							+	
<i>Fritillaria camtschaticensis</i> (L.) Ker-Gawl.						+						+	
<i>Lilium debile</i> Kittlitz													
<i>L. pensylvanicum</i> Ker-Gawl.													
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W. Schmidt													
<i>M. dilatatum</i> (Wood) Nels. et Macbr.													
<i>Streptopus amplexifolius</i> (L.) DC.													
<i>Iris setosa</i> Pall. ex Link													
<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel.													
<i>Populus suaveolens</i> Fisch. s.l.	+	+	+						+	+			
<i>P. tremula</i> L.	+	+								+			
<i>Salix arctica</i> Pall.	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+
<i>S. bebbiana</i> Sarg.	+	+	+						+	+			
<i>S. caprea</i> L.	+	+							+	+			
<i>S. chamissonis</i> Andress.	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. erythrocarpa</i> Kom.													
<i>S. hastata</i> L.										+			
<i>S. polaris</i> Wahlenb.													
<i>S. pulchra</i> Cham.	+	+	+				+		+	+		+	
<i>S. reptans</i> Rupr.	+	+											
<i>S. reticulata</i> L.	+												
<i>S. rotundifolia</i> Trautv.		+											
<i>S. schwerinii</i> E. Wolf.													
<i>S. sphenophylla</i> A. Skvorts.	+	+				+	+	+			+		+

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Ттр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>S. tschuktschorum</i> A. Skvorts.		+											
<i>S. udensis</i> Trautv. et Mey.	+	+	+	+	+		+		+	+		+	
<i>Alnus fruticosa</i> Pall.	+	+	+	+	+							+	
<i>A. hirsuta</i> (Spach) Turcz. ex Rupr.													
<i>Betula ermanii</i> Cham.	+	+		+			+		+	+			
<i>B. exilis</i> Sukacz.													
<i>B. platyphylla</i> Sukacz.	+	+	+	+						+			
<i>Urtica platyphylla</i> Wedd.			+		+								
<i>Acetosa lapponica</i> (Hiit.) Holub												+	
<i>Acetosella aureostigmatica</i> (Kom.) Tzvel.									+		+		
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S.F. Gray						+	+					+	
<i>Oxyria digyna</i> (L.) Hill						+					+		+
<i>Dianthus repens</i> Willd.													
<i>Minuartia arctica</i> (Stev. ex Ser.) Graebn.						+							
<i>M. macrocarpa</i> (Pursh) Ostenf.		+				+		+			+		
<i>Moehringia lateriflora</i> (L.) Fenzl			+	+	+							+	
<i>Silene repens</i> Patr.						+			+		+		
<i>Stellaria calycanta</i> (Ledeb.) Bong.													
<i>S. eschscholtziana</i> Fenzl	+	+				+	+	+	+	+	+		
<i>Aconitum delphinifolium</i> DC.						+				+			
<i>Anemonastrum sibiricum</i> (L.) Holub						+						+	+
<i>Atragene ochotensis</i> Pall.												+	
<i>Delphinium brachycentrum</i> Ledeb.													
<i>Thalictrum minus</i> L.				+									
<i>T. sparsiflorum</i> Turcz. ex Fisch. et Mey.													

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Тгр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>Cardaminopsis lyrata</i> (L.) Hiit.													
<i>Draba lonchocarpa</i> Rydb.													
<i>D. nivalis</i> Liljebl.													
<i>Ermania parryoides</i> (Cham.) Botsch.		+									+		
<i>Parrya nudicaulis</i> (L.) Regel													
<i>Rhodiola integrifolia</i> Raf.						+						+	+
<i>R. rosea</i> L.													
<i>Sedum telephium</i> L. var. <i>purpureum</i> L.			+		+								
<i>Saxifraga chlerlerioides</i> D. Don													
<i>S. funstonii</i> (Small) Fedde						+							
<i>S. merkii</i> Fisch. ex Sternb.													
<i>S. purpurascens</i> Kom.	+					+							+
<i>S. serpyllifolia</i> Pursh													
<i>Parnassia palustris</i> L.						+						+	
<i>Ribes triste</i> Pall.			+		+								
<i>Aruncus dioicus</i> (Walt.) Fern.					+							+	
<i>Dryas punctata</i> Juz.													
<i>Filipendula camtschatica</i> (Pall.) Maxim.													
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz													
<i>Potentilla vulcanicola</i> Juz.						+							
<i>Rosa amblyotis</i> C.A. Mey.				+									
<i>Rubus arcticus</i> L.			+									+	
<i>R. sachalinensis</i> Levl.													
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.													
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.													+
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A.Br.													

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Тгр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>Sorbus sambucifolia</i> (Cham. et Schlecht.) M. Roem.		+	+	+	+								
<i>S. sibirica</i> Hedl.													
<i>Spiraea beauverdiana</i> Schneid.	+		+										
<i>S. media</i> Fr. Schmidt													
<i>Astragalus alpinus</i> L.									+	+			+
<i>Hedysarum hedysaroides</i> (L.) Schinz. et Thell.						+	+		+	+		+	+
<i>Lathyrus pilosus</i> Cham.				+									
<i>Oxytropis evenorum</i> Jurtz. et Khokhr.		+				+	+	+	+			+	+
<i>O. kamtschatica</i> Hult.	+					+	+	+	+	+	+		
<i>O. ochotensis</i> Bunge		+											
<i>O. pumilio</i> (Pall.) Ledeb.		+				+	+	+					
<i>O. revoluta</i> Ledeb.		+											+
<i>Geranium erianthum</i> DC.			+	+	+	+			+			+	+
<i>Empetrum nigrum</i> L. s.l.	+	+	+			+	+						
<i>Viola epipsiloides</i> A. et. D. Löve.													+
<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+
<i>C. latifolium</i> (L.) Holub		+									+		
<i>Epilobium glandulosum</i> Lehm.													
<i>E. hornemannii</i> Reichenb.													
<i>Angelica gmelinii</i> (DC.) M. Pimen.												+	
<i>Heracleum lanatum</i> Michx.					+							+	
<i>Cassiope lycopodioides</i> (Pall.) D. Don	+	+				+	+	+					+
<i>Ledum decumbens</i> (Ait.) Lodd. ex Steud.						+	+	+					

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Тгр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>L. palustre</i> L.	+												
<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv.	+						+						+
<i>Orthilia secunda</i> (L.) House													
<i>Phyllodoce caerulea</i> (L.) Bab.						+	+						+
<i>Pyrola incarnata</i> (DC.) Freyn							+						
<i>P. minor</i> L.	+	+	+										+
<i>Rhodococcum minor</i> (Lodd.) Avror.	+		+			+	+						
<i>R. vitis-idaea</i> (L.) Avror.													
<i>Rhododendron aureum</i> Georgi						+	+						+
<i>R. camtschaticum</i> Pall.													+
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	+	+	+		+	+	+						
<i>V. vulcanorum</i> Kom.		+				+	+						+
<i>Diapensia obovata</i> (Fr. Schmidt) Nakai						+							+
<i>Primula cuneifolia</i> Ledeb.													+
<i>Trientalis europaea</i> L. ssp. <i>arctica</i> Hult.			+										
<i>Gentiana algida</i> Pall.						+							+
<i>G. glauca</i> Pall.													+
<i>Gentianella auriculata</i> (Pall.) Gillett						+							+
<i>Polemonium boreale</i> Adams		+				+			+		+		
<i>Eritrichium sericeum</i> (Lehm.) A. DC.													
<i>Mertensia pubescens</i> (Roem. et Schult.) DC.													
<i>Castilleja pallida</i> (L.) Spreng. s.l.						+	+	+		+			+
<i>Pedicularis albolabiata</i> (Hult.) Ju. Kozhev.						+							
<i>P. capitata</i> Adams							+						+

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Ттр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>P. eriophora</i> Turcz.						+							
<i>P. oederi</i> Vahl						+						+	+
<i>P. resupinata</i> L.												+	
<i>P. sudetica</i> Willd.						+	+						
<i>P. verticillata</i> L.						+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Veronica grandiflora</i> Gaerth.												+	
<i>Boschniakia rossica</i> (Cham. et Schlecht.) B.Fedtsch.													
<i>Galium boreale</i> L.										+		+	
<i>G. triflorum</i> Michx.													
<i>Linnaea borealis</i> L.			+	+									
<i>Lonicera caerulea</i> L.			+										
<i>L. chamissoi</i> Bunge ex P. Kir.													
<i>Campanula lasiocarpa</i> Cham.	+	+				+	+	+	+				+
<i>Anaphalis margaritacea</i> (L.) A. Gray	+	+								+			
<i>Antennaria angustata</i> Greene													
<i>A. dioica</i> (L.) Gaertn.			+	+					+				
<i>Arnica lessingii</i> Greene													
<i>Artemisia arctica</i> Less.		+	+			+	+	+	+			+	+
<i>A. glomerata</i> Ledeb.						+							
<i>A. opulenta</i> Pamp.	+	+	+	+	+								
<i>Aster sibiricus</i> L.						+			+	+	+	+	
<i>Cacalia hastata</i> L.													
<i>C. kamtschatica</i> (Maxim.) Kudo													
<i>Cirsium kamtschaticum</i> Ledeb.													
<i>Crepis chrysantha</i> (Ledeb.) Froel.													
<i>Erigeron kamtschaticus</i> DC.													
<i>E. koraginensis</i> (Kom.) Botsch.													
<i>E. thunbergii</i> A. Gray						+							+
<i>Hieracium umbellatum</i> L.			+						+				

ВИДЫ	Пем	Взр	Ли	Кб	Ол	Ттр	Ткс	Ткм	Лкл	Ив	С	Лс	Ни
<i>Parmica camtschatica</i> (Rupr. ex Heimerl) Kom.			+									+	
<i>Saussurea pseudo- tilesii</i> Lipsch.		+	+	+	+	+	+		+	+		+	
<i>Senecio cannabifolius</i> Less.			+	+									
<i>S. frigidus</i> (Richards.) Less.													
<i>Solidago spiraeifolia</i> Fisch. ex Herd.				+									
<i>Tanacetum boreale</i> Fisch. ex DC.	+	+	+		+	+			+	+		+	
<i>Taraxacum macilentum</i> Dahlst.													

Примечание. Основным источником для составления данного списка послужили наши гербарные сборы и полевые наблюдения (виды, разнесенные в таблице по растительно-ландшафт-ным подразделениям и отмеченные знаком "+"). В дополнение к ним были использованы фондовые коллекции Дальневосточного регионального гербария (VLA): сборы К.Д. Степановой, А.Н. Сидельникова, Ю.И. Манько и др. Помимо этого были использованы литературные данные (Комаров, 1951), основанные на сборах В.И. Козловского и Э.К. Безайса, хранящихся в гербарии Ботанического института РАН (LE). Названия видов даны в основном по сводке: Сосудистые растения ..., 1985-1996.

Условные обозначения: **Пем** – пемзовые отложения пирокластических потоков 1964 г., **Взр** – отложения обломочной лавины 1964 г., **Ли** – лиственничники, **Кб** – камснноберезняки, **Ол** – ольховники, **Ттр** – тундры травянистые и луговинные, **Ткс** – тундры кустарничковые, **Ткм** – тундры каменистые, **Лкл** – пионерные группировки "клочковатых лугов" (преимущественно на месте уничтоженных пеплопадами зарослей ольховника), **Ив** – ивняки в субальпийском поясе (из крупных кустарников и молодых деревьев), **С** – суглинистые и пеплово-шлаковые склоны в долины рек и сухих речек, **Лс** – луга субальпийские (наиболее хорошо развиты на склонах горы Сомкорок в поясе ольховника), **Ни** – нивальные лужайки (по набору видов отчасти сходны с луговинными и кустарничковыми тундрами, а отчасти – с низкотравными лугами).

