

УДК 581.524.3+551.21+56.074.6 (571.66)

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗВЕРЖЕНИЙ 1996 ГОДА В КАРЫМСКОМ ВУЛКАНИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ, КАМЧАТКА

© 2007 г. В. Г. Дирксен, О. В. Дирксен

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Поступила в редакцию 26.12.2005 г.

Сделаны оценки степени и характера поражения растительности в результате фреатомагматического извержения 1996 г. в кальдере Академии Наук и установлены механизмы ее постэруптивного восстановления. Выявлены основные закономерности первичной сукцессии на п-ве Новогодний. Охарактеризовано состояние растительного покрова до извержения 1996 г. Определено влияние на растительность пеплопадов извержения 1996–2003 гг.

2 января 1996 года в Карымском вулканическом центре, после 14-летнего перерыва, заработал вулкан Карымский, и одновременно произошло извержение в акватории Карымского озера, расположенного в кальдере Академии Наук. Это уникальное событие вызвало огромный интерес и инициировало публикацию многочисленных работ, посвященных различным его аспектам: предвестникам извержения; его ходу и составу изверженных продуктов; деформациям земной поверхности и т.д. [10, 13 и др.]. В то же время, экологические последствия извержения и его влияние на окружающую среду, в частности, на почвенно-растительный покров территории, до

сих пор изучались мало [1, 20]. Предлагаемая работа является попыткой оценить степень и характер воздействия извержения 1996 г., и в первую очередь, извержения в Карымском озере, на растительность района и выявить основные закономерности ее постэруптивного восстановления.

Общая характеристика района работ. Карымский вулканический центр расположен в 120 км к северо-востоку от г. Петропавловска-Камчатского (рис. 1А). Он представляет собой сложный геологический узел, состоящий из множества вулканических построек различного состава и наложенных на них разновозрастных кальдер [8]. Самая молодая из кальдер, Карымская, возникла

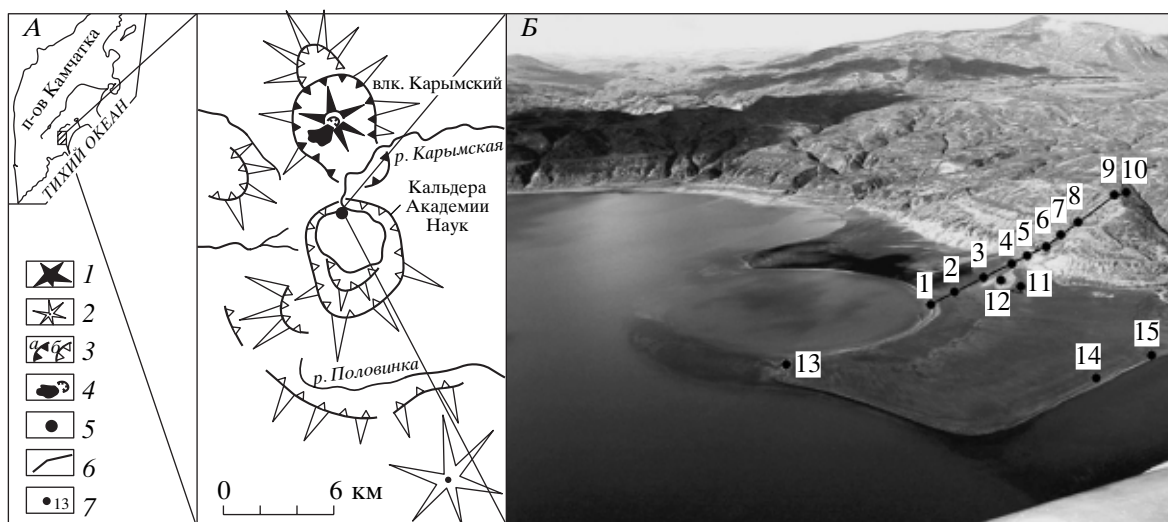


Рис. 1. Расположение района исследования.

А – схема Карымского вулканического центра, с изменениями по [8]: 1 – вулкан Карымский; 2 – плейстоценовые вулканы; 3 – уступы кальдер (а – голоценовые, б – плейстоценовые); 4 – лавовый поток извержения 1996 г.; 5 – центр извержения в Карымском озере. Б – северный борт кальдеры Академии Наук и п-ов Новогодний (фото В.В. Иванова); 6 – геоботанический профиль; 7 – местоположение точек наблюдений и их номера.

около 7900 ^{14}C л.н. [3], и в ней около 5300 ^{14}C л.н. [2] начал свое формирование вулкан Карымский ($54^{\circ}03'$ с.ш., $159^{\circ}27'$ в.д.). Он является одним из самых активных вулканов Камчатки; его частые извержения сформировали постройку с абсолютной высотой около 1500 м и относительным превышением над днищем кальдеры около 700 м. Предыдущий цикл активности вулкана отмечался в 1962–1982 гг.

Возраст кальдеры Академии Наук составляет порядка 30 тыс. лет [8]. В отличие от Карымской кальдеры, вулканическая активность в кальдере Академии Наук за последние 10000 лет была гораздо менее интенсивна: к настоящему времени достоверно известно одно извержение, произошедшее около 6500 ^{14}C л.н. [2]. Его центр был расположен вблизи истоков р. Карымская, в непосредственной близости от того места, где в 1996 г. возник новый эруптивный центр. Вулканическая активность здесь обусловлена наличием крупного меридионального глубинного разлома, по которому осуществлялась подача магмы [10]. Непосредственно перед извержением 6500 ^{14}C л.н. (или в самом его начале) произошел крупный обвал в истоках р. Карымская, который перегородил реку, вызвав тем самым поднятие уровня озера [2]. В результате этого сформировалась озерная терраса с относительной высотой тылового шва около 80 м, хорошо прослеживающаяся в настоящее время по периметру озера.

Климат района сравнительно мягкий, со средней месячной температурой января около -14°C , июля – около $+10^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая сумма осадков составляет 1500 мм, половина из них выпадает зимой. Высота снежного покрова на восточных наветренных склонах достигает 2 м и более [7].

Растительный покров района практически не изучен, его краткая общая характеристика дана в [6, 20]. Пояс каменноберезовых (*Betula ermanii*) лесов начинается от берега Тихого океана и поднимается до 400–500 м над у. м. Выше располагается субальпийский пояс стланиковых кустарников, представленных преимущественно ольховником (*Alnus fruticosa*). В верхней части пояса на пологих склонах древних вулканических построек встречается кедровый стланик (*Pinus pumila*). В интервале высот от 900 до 1100 м преобладают горные кустарничковые и лишайниковые тундры. В пределах лесного и субальпийского поясов встречаются инверсионные тундры, занимающие выровненные поверхности в межгорных впадинах.

Извержение 2 января 1996 г. началось одновременно из двух центров: в новом кратере, сформировавшемся в привершинной части вулкана Карымский, и в северном секторе Карымского озера. Основные его характеристики приводятся по данным, опубликованным в [10, 13].

Извержение вулкана Карымский, эксплозивное в течение первых 13 дней, перешло затем в эффузивно-эксплозивную фазу, продолжающуюся до настоящего времени. Лавовые потоки преимущественно андезитового состава спустились по южному, практически лишенному растительности, склону конуса вплоть до борта кальдеры. На 03 января 1997 г. объем лавы составил около 11 млн. м³. Тефра первых дней извержения выпала в юго-западном и юго-восточном секторах на расстоянии до 50 км от вулкана; впоследствии пеплопады наблюдались, в основном, в восточных секторах, в соответствии с преобладающими направлениями ветров. По имеющимся оценкам [1], мощность пепла, выпавшего за пределами Карымской кальдеры, составляла в среднем около 3–6 мм в год.

Фреатомагматическое извержение в Карымском озере было гораздо менее продолжительным – уже 3 января вулканическая активность прекратилась. Высота эруптивной колонны достигала 5–8 км. Мощные эксплозии сопровождались образованием базисных пирокластических волн и волн цунами, которые обрушились на борта кальдеры Академии Наук. По имеющимся оценкам, температура пирокластических волн составляла порядка 300–400 $^{\circ}\text{C}$ [10]. Пепловое облако распространилось преимущественно в юго-восточном направлении. В результате извержения в северной части озера сформировался новый полуостров (названный Новогодний), перекрывший исток р. Карымской (рис. 1Б), что привело к повышению уровня воды в озере более чем на 3 м. Растительный и животный мир озера был полностью уничтожен. Кроме того, очень сильному воздействию подвергся наиболее близкий к эруптивному центру борт кальдеры Академии Наук, покрытый до извержения сомкнутой растительностью. Именно этот участок борта кальдеры был выбран нами для дальнейшего изучения.

Основными поражающими агентами фреатомагматического извержения 1996 г. выступали: 1) базисная пирокластическая волна; 2) тефра; 3) цунами. В качестве дополнительного вулканического агента необходимо учитывать периодические маломощные пеплопады, связанные с эруптивной активностью вулкана Карымский начиная с 1996 г.

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение растительности проводилось в 2003 г. на основе геоботанических описаний растительных сообществ в экотопах с различной степенью и характером вулканического влияния. Геоботанический профиль был заложен на северном борту кальдеры Академии Наук (рис. 1Б), где достаточно сильное, локализованное и единовременное воздействие фреатомагматического извержения

Таблица 1. Геоботанические описания на профиле

Номера точек профиля		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высота над у.м. (м)		624	632	640	644	653	678	697	719	756	754
Общее проективное покрытие (%)		+	1	2	1	+	45	55	70	90	95
Проективное покрытие мхов (%)									+		+
<i>Calamagrostis purpurea</i>	Вейник пурпурный	+	+	1	1	+	3	3	4	4	1
<i>Rorippa palustris</i>	Жерушник болотный	+	+	+	+						
<i>Chamerion angustifolium</i>	Хамерион узколистный, иван-чай		+	+			3	2	3	3	
<i>Poa malacantha</i>	Мятлик мягкоцветковый		+	1	+	+	+				
<i>Artemisia opulenta</i>	Полынь пышная		+	+	+						
<i>Tanacetum borealis</i>	Пижма северная			+				1			
<i>Oxyria digyna</i>	Кисличник двухстолбиковый			+							
<i>Carex koraginensis</i>	Осока карагинская			+		+		+			
<i>Heracleum lanatum</i>	Борщевик шерстистый			+	+		1		2		
<i>Salix arctica</i>	Ива арктическая				+			1			
<i>Alnus fruticosa</i>	Ольховник			+			+	1	2	2	3
<i>Spiraea beauverdiana</i>	Таволга Бовера						+			+	+
<i>Veratrum oxycepalum</i>	Чемерица острокопная						+	+	+	+	
<i>Artemisia arctica</i>	Полынь арктическая							2			
<i>Geranium erianthum</i>	Герань волосистоцветковая			+				1			
<i>Saussurea pseudo-tilesii</i>	Сосюра ложно-Тилезиева							1	1		
<i>Castilleja pallida</i>	Кастиллея бледная							+			
<i>Pedicularis resupinata</i>	Мытник перевернутый							+			
<i>Bistorta vivipara</i>	Змеевик живородящий							+			
<i>Thalictrum minus</i>	Василистник малый							+			
<i>Senecio cannabifolius</i>	Крестовник коноплелистный								+		
<i>Sorbus sambucifolia</i>	Рябина бузинолистная								+	4	4
<i>Pinus pumila</i>	Кедровый стланик								+	+	4
<i>Maianthemum dilatatum</i>	Майник широколистный									+	1
<i>Trientalis europaea subsp. arctica</i>	Седмичник арктический									+	+
<i>Aruncus dioicus</i>	Волжанка двудомная									+	
<i>Streptopus amplexifolius</i>	Стрептопус стеблеобъемлющий									+	

Примечание. Показатели обилия видов, сопряженные со степенями проективного покрытия, соответствуют следующим градациям шкалы Друде: + – менее 1% (un); 1 – 1–5% (sol); 2 – 5–10% (sp); 3 – 10–25% (cop-1); 4 – 25–50% (cop-2). При определении проективного покрытия кустарников учитывались только живые растения. Виды мхов не определялись.

1996 г. проявилось наиболее отчетливо. Профиль был заложен от уреза воды Карымского озера вблизи края эксплозивного кратера до водораздела за пределами кальдеры в диапазоне абсолютных высот 624–756 м. Серия геоботанических описаний была выполнена на п-ове Новогодний (рис. 1Б). На пробных площадях 10 × 10 м оценивалось общее проективное покрытие, покрытие растительных ярусов и каждого отдельного вида сосудистых растений в ярусах (виды мхов и лишайников не определялись). Кроме того, фиксировалось состояние доминантов сообществ: средняя высота, фенофаза и жизнеспособность, для кустар-

ников – средние и максимальные диаметр и высота стволов. Названия видов даны по сводке [12]. Выполненные геоботанические описания представлены в табл. 1, 2. В точках наблюдений были описаны верхние 20–30 см почвенно-пирокластического чехла (ППЧ).

В разрезе ППЧ на бровке кальдеры (рис. 1Б, т. 9) были отобраны 4 образца мощностью 0.5–1 см для палинологического анализа. Обработка образцов проводилась по стандартной методике [18]. Спорно-пыльцевые спектры (СПС) трех образцов отличались высокой относительной пыльцевой концентрацией. Расчет процентного содержания компо-

Таблица 2. Геоботанические описания на п-ове Новогодний

Номера точек описаний		11	12	13	14	15
Общее проективное покрытие (%)		2	2	7	3	9
Проективное покрытие мхов (%)		+		5	2	6
<i>Calamagrostis purpurea</i>	Вейник пурпурный	1	+	2	+	3
<i>Rorippa palustris</i>	Жерушник болотный	1	+	+	+	+
<i>Chamerion angustifolium</i>	Хамерион узколистный, иван-чай	+		+	+	+
<i>Poa malacantha</i>	Мятлик мягкоцветковый		1	5	1	1
<i>Artemisia opulenta</i>	Полынь пышная	+	+	+	+	+
<i>Tanacetum borealis</i>	Пижма северная		1			
<i>Oxyria digyna</i>	Кисличник двухстолбиковый		+			
<i>Carex koraginensis</i>	Осока карагинская		+	+	+	+
<i>Heracleum lanatum</i>	Борщевик шерстистый		+			+
<i>Salix udensis</i>	Ива удская	+			+	+
<i>Salix arctica</i>	Ива арктическая	+				
<i>Alnus fruticosa</i>	Ольховник		+	+	+	
<i>Equisetum arvense</i>	Хвощ полевой	+				+
<i>Juncus sp.</i>	Ситник	+		+		+
<i>Eleocharis palustris</i>	Болотница болотная	+		+		
<i>Saxifraga sp.</i>	Камнеломка				+	
<i>Geranium erianthum</i>	Герань волосистоцветковая		+			
<i>Lerchenfeldia flexuosa</i>	Лерхенфельдия извилистая					+
<i>Leymus interior</i>	Колосняк материковый					+
<i>Epilobium glandulosum</i>	Кипрей железистый					+
<i>Stellaria sp.</i>	Звездчатка					+

Примечание. Проективное покрытие видов указано в %; знак + обозначает присутствие вида на пробной площади. Виды мхов не определялись.

нентов в них проводился от общей суммы пыльцы и спор (табл. 3). Спектр образца из подошвы тефры извержения 1996 г. содержал лишь 22 пыльцевых зерна, поэтому в нем процентные соотношения таксонов не определялись.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поражение растительности в результате извержений 1996 г. и основные механизмы ее восстановления удалось охарактеризовать на основе обработки комплекса данных, полученных нами в 2003 г., и анализа материалов, опубликованных к настоящему времени другими исследователями. Следует отметить, что, несмотря на значительное количество публикаций, касающихся извержения 1996 г. в кальдере Академии Наук, оценить воздействие каждого из поражающих агентов (тефры, пирокластические волны, цунами) по отдельности не представляется возможным. Кроме того, оценить влияние пеплопадов, связанных с извержением вулкана Карымский в 1996–2003 гг., также очень сложно, принимая во внимание малую мощность пепла и широкое развитие процессов пе-

реотложения пирокластики, не закрепленной растительностью. Таким образом, мы рассматриваем преимущественно суммарное вулканическое воздействие на растительность исследуемого района, за исключением тех отдельных случаев, когда характер поражения позволяет оценить влияние конкретного вулканического агента.

На основе анализа данных, полученных по профилю через северный борт кальдеры в экотопках на разном удалении от эксплозивного центра извержения 1996 г., были выделены 8 участков с различным по характеру поражением растительности и механизмам ее постэруптивного восстановления.

Участок 1 охватывает наиболее узкую часть п-ова Новогодний от уреза воды Карымского озера до подножия коренного склона. Восстановление растительности на полуострове рассматривается ниже, в отдельном разделе.

Участок 2 включает уступ крутизной 30–35° в нижней трети борта кальдеры. Судя по характеру распределения растительности на ненарушенных участках вокруг озера, до извержения здесь пре-

Таблица 3. Палинологическая характеристика временных срезов

№ образца	1		2		3	4	
Временные срезы	Погребенная почва		Кровля погребенной почвы		Подолова тефры	Современная поверхность	
Содержание таксонов (# или %)	#	%	#	%	#	#	%
<i>Pinus pumila</i>	118	25.1	146	27.7	10	39	7.7
<i>Betula platyphylla</i>	1	0.2	1	0.2			
<i>Betula ermanii</i>	47	10.0	51	9.7	3	8	1.6
<i>Betula divaricata</i>			1	0.2			
<i>Betula exilis</i>			4	0.8			
<i>Alnus hirsuta</i>	1	0.2	1	0.2			
<i>Alnus fruticosa</i>	97	20.6	113	21.4	3	102	20.2
<i>Salix</i>	3	0.6	1	0.2		1	0.2
Сумма пыльцы деревьев и кустарников	267	56.8	318	60.2	16	150	29.8
<i>Ericaceae</i>			1	0.2			
<i>Cyperaceae</i>	13	2.8	4	0.8		10	2.0
<i>Poaceae</i>	135	28.7	145	27.5	5	132	61.9
<i>Artemisia</i>	4	0.9	2	0.4			
<i>Saussurea</i>			1	0.2			
<i>Cirsium</i>			1	0.2			
<i>Senecio</i>			1	0.2			
<i>Polygonaceae undif.</i>	1	0.2	1	0.2			
<i>Rumex</i>			1	0.2			
<i>Rosaceae undif.</i>	10	2.1	6	1.1		2	0.4
<i>Filipendula</i>			1	0.2			
<i>Sanguisorba officinalis</i>			2	0.4			
<i>Ranunculaceae undif.</i>	2	0.4	3	0.6			
<i>Thalictrum</i>			3	0.6			
<i>Geranium</i>	1	0.2				1	0.2
<i>Heracleum</i>	7	1.5	3	0.6	1	13	2.6
<i>Chamerion angustifolium</i>	1	0.2	1	0.2		15	3.0
<i>Rubiaceae</i>	1	0.2					
<i>Violaceae</i>	3	0.6	10	1.9			
<i>Liliaceae</i>			3	0.6			
<i>Trientalis</i>			1	0.2			
Неопределенные	4	0.9	6	1.1			
Сумма пыльцы трав и кустарничков	182	38.7	196	37.1	6	353	70.0
<i>Sphagnum</i>	20	4.3	13	2.5			
<i>Polypodiaceae</i>	1	0.2	1	0.2			
<i>Diphasiastrum alpinum</i>						1	0.2
Сумма спор	21	4.5	14	2.7	0	1	0.2
Всего	470	100	528	100	22	504	100

Примечание. Содержание таксонов: # – абсолютное количество пыльцы и спор, % – их процентное количество.

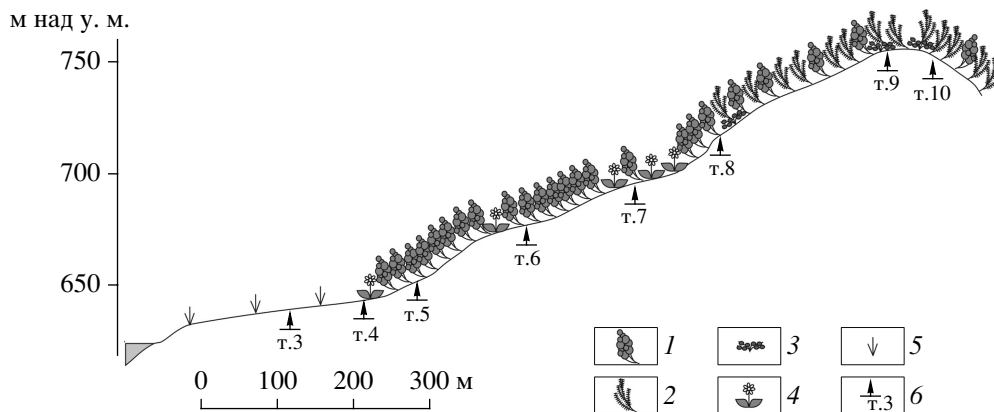


Рис. 2. Профиль через борт кальдеры Академии Наук: растительность до извержения 1996 г. 1 – ольховники; 2 – кедровостланики; 3 – участие рябины в сообществах; 4 – разнотравные субальпийские луга; 5 – разреженные группировки побережья озера; 6 – точки геоботанического профиля 2003 г.

обладали сообщества ольхового стланика (рис. 2), погибшего полностью. Интенсивное эрозирующее воздействие пирокластических волн и цунами, обусловленное близостью центра извержения и выпуклой формой нижней части склона, практически полностью уничтожило рыхлый почвенно-пирокластический чехол и обнажило коренные туфы. Тотальное поражение почвенно-растительного покрова определило характер постэруптивных восстановительных смен: здесь началась первичная сукцессия (рис. 3). Через 7 лет после извержения в зоне полного поражения отмечены лишь единичные первые поселенцы, преимущественно злаки (табл. 1, т. 5).

Участок 3 охватывает субгоризонтальную поверхность озерной террасы (рис. 3). На террасе под горизонтом тефры извержения 1996 г. залегает мощный слой из обломков ветвей и стволов ольхового стланика. Часть мертвых стволов диаметром до 15 см сохранила вертикальное положение; их кора со стороны, обращенной к озеру, полностью абрадирована. С противоположной стороны стволов ольховника сохранились остатки обугленной коры. Характер поражения кустарников позволяет предположить, что скорость и температура пирокластических волн здесь была достаточно высока. Сочетание термического, механического и, возможно, химического воздействия пирокластических волн обусловило практически полное уничтожение растительности на участке 3. Средняя мощность выпавшей грубой пирокластической составила около 8 см. Тем не менее, характер суммарного вулканического воздействия был мозаичным: здесь сохранились фрагменты почвенного покрова, погребенные под обломками кустарников и пирокластикой. Перераспределение рыхлого субстрата после извержения привело к образованию участков, где мощность первоначально выпавшей пирокластической существенно сократилась. Здесь появились вейник, борщевик,

чемерица и другие виды растений (табл. 1, т. 6), способные прорасти сквозь маломощный слой тефры [20]. В целом, в современном растительном покрове абсолютно преобладают вейник и иван-чай, достигающие высоты 1.6 и 2.0 м, соответственно. Растительные группировки встречаются пятнами, приуроченными, в основном, к понижениям на поверхности субстрата и разделенными незадернованными участками. В отдельных западинах, где ресурсы погребенной почвы стали доступны для корневой системы растений, проективное покрытие группировок достигает 40–50% и более (табл. 1, т. 6), что свидетельствует об относительно высоких темпах восстановительного процесса. Здесь же были обнаружены отдельные экземпляры ольхового стланика высотой до 70 см, возобновление которых связано с механизмом вегетативной регенерации через сохранившуюся в погребенной почве корневую систему [5]. Таким образом, на субгоризонтальной поверхности террасы развивается вторичная сукцессия с участием растений, способных восстанавливаться вегетативно.

На *участке 4*, включающем пологонаклонную тыловую часть озерной террасы и низ прилегающего крутого склона (рис. 3), до извержения, по видимому, преобладали разнотравные субальпийские луга в сочетании с массивами высокотравных ольховников (рис. 2). Здесь отмечается частичное поражение почвенно-растительного покрова в зависимости от характера микрорельефа. Отдельные кустарники выжили в западинах и оврагах (отмечены отдельные экземпляры ольховника и ивы арктической высотой до 2.3 и 0.5 м, соответственно); на мертвых стволах кора сильно абрадирована, но не обуглена. Такой характер поражения кустарников, вероятно, был обусловлен повышенной мощностью снежного покрова в тыловой части террасы, частично предохранившего растения от воздействия пирокластических

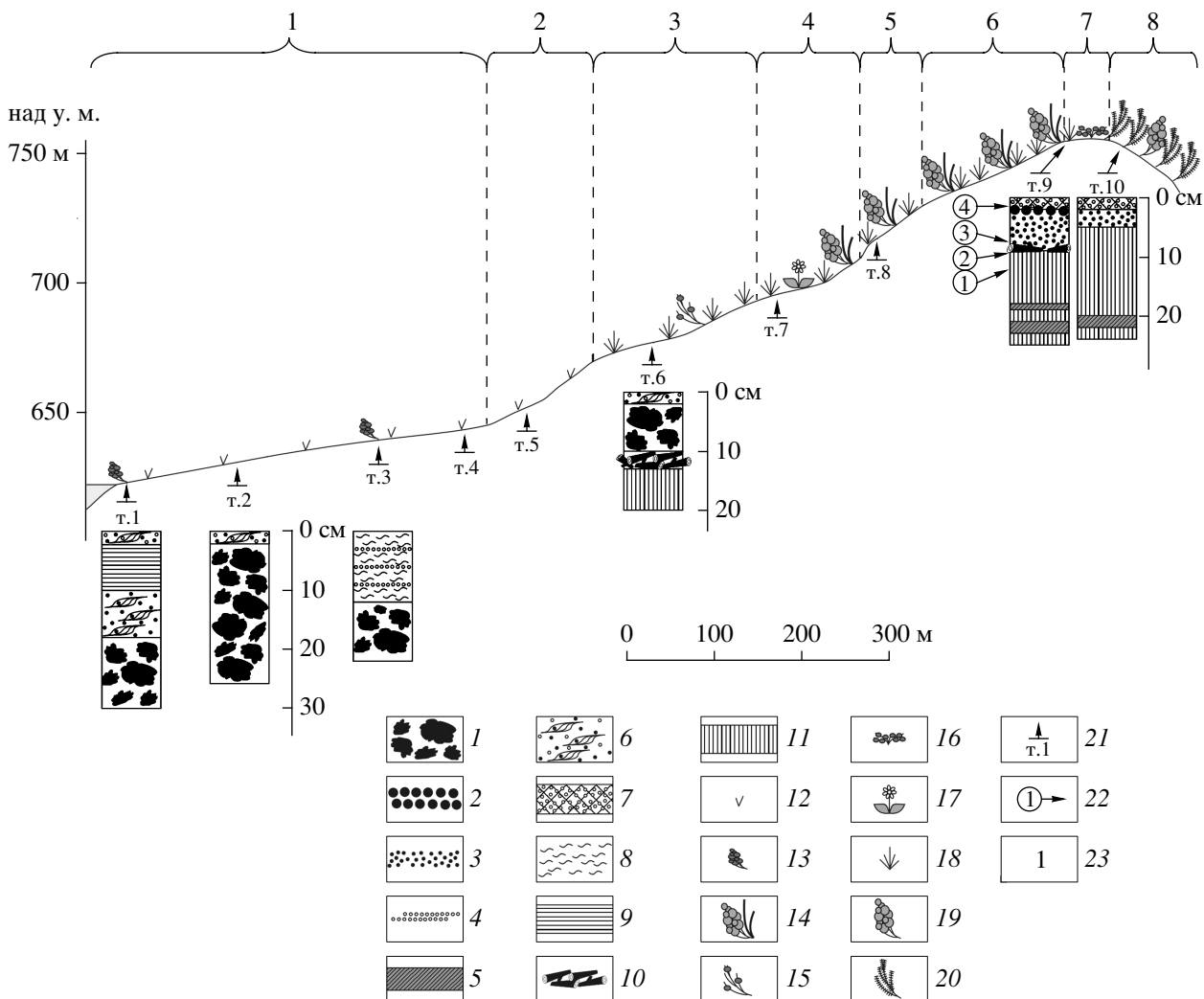


Рис. 3. Профиль через борт кальдеры Академии Наук: динамика растительности после извержения 1996 г. 1–3 – пирокластика фреатомагматического извержения: 1 – грубая, с преобладанием бомб, 2 – лапилли, 3 – вулканический песок; 4–5 – тефра извержений вулкана Карымского: 4 – 1996–2003 гг., 5 – 1962–1982 гг.; 6 – переотложенная пирокластика; 7 – пирокластика, закрепленная растительностью; 8 – отложения конусов выноса; 9 – озерные суглинки; 10 – погребенные стволы и ветви кустарников; 11 – погребенная почва; 12–13 – первичная сукцессия: 12 – пионерные группировки, 13 – всходы ольховника; 14–18 – вторичная сукцессия, с участием: 14 – ольховника, в различной степени поврежденного, 15 – ольховника, восстанавливающегося вегетативно, 16 – рябины, 17 – видов лугового разнотравья, 18 – вейника и иван-чая; 19–20 – восстановление сообществ: 19 – ольховников, 20 – кедровстлаников; 21 – точки наблюдений и их номера; 22 – места отбора образцов и их номера; 23 – выделенные участки поражения растительности и ее постэруптивного восстановления.

волн. Это предположение подтверждается относительно высоким видовым разнообразием современных группировок (табл. 1, т. 7), а также присутствием в них чувствительных к вулканическому воздействию и не способных к вегетативной регенерации растений (*Geranium erianthum*, *Pedicularis resupinata*, *Thalictrum minus* и др.). Судя по высоте уцелевших кустарников ольховника, мощность снегонакопления на вогнутых склонах и в понижениях рельефа превышала 2.5 м. Таким образом, на участке 4 началась вторичная сукцессия с участием видов кустарников и мезофильного разнотравья (*Geranium erianthum*, *Artemisia arc-*

tica, *Saussurea pseudo-tilesii* и др.), входивших в состав растительных сообществ участка до извержения. В целом, темпы вторичной сукцессии здесь достаточно высоки за счет близости источников возобновления растений и доступности почвенных ресурсов.

Участок 5 охватывает крутую верхнюю треть борта кальдеры, имеющую угол склона около 45° (рис. 3). Эта часть борта до извержения была, вероятно, занята сообществами высокотравных ольховников с участием таволги и рябины, а ближе к бровке кальдеры – с кедровым стланником (рис. 2). В результате извержения большая часть

кустарников погибла; уцелевшие экземпляры ольховника высотой в среднем около 2 м и диаметром стволов до 10 см отмечены в западинах и оврагах на склоне, где мощность снежного покрова была максимальной. В экотопах со сходными параметрами были обнаружены живые экземпляры рябины и кедрового стланика, по два растения каждого вида; последний является наиболее чувствительным к вулканическому воздействию, по сравнению с другими видами кустарников [14], и мог уцелеть только на участках с повышенным снегонакоплением. В современном растительном покрове преобладает вейник высотой около 1.7 м, содоминантом выступает иван-чай, достигающий высоты 2 м и более (табл. 1, т. 8). Состав группировок в целом близок к таковому участка 3 (табл. 1, т. 6), однако здесь проективное покрытие сообществ выше, в них отмечено единичное присутствие мхов, а также видов мезофильного разнотравья (*Saussurea pseudo-tilesii*) и камчатского крупнотравья (*Senecio cannabifolius*). С другой стороны, крутой и выпуклый склон борта кальдеры, по-видимому, подвергся вулканическому воздействию в большей степени, чем тыловая часть озерной террасы (участок 4), поскольку видовое разнообразие современных группировок и присутствие в них луговых мезофитов заметно ниже. Основными участниками вторичной сукцессии здесь, как и на участке 3, выступают способные к вегетативному возобновлению растения.

За пределами кальдеры профиль проходит по водораздельной поверхности, которая обрывается крутым уступом борта долины р. Карымская. Непосредственно вдоль линии водораздела выражена резкая граница, отделяющая юго-восточный склон, обращенный к кальдере, с существенным поражением растительности от северо-восточного склона со слабыми следами вулканического воздействия.

Участок 6 охватывает юго-восточный склон от бровки кальдеры до вершины водораздела (рис. 3). На склоне повсюду встречаются обломанные стволы кустарников, сохранившие вертикальное положение. Среди них отмечено множество пней кедрового стланика диаметром до 21 см, который был здесь полностью уничтожен. Поражение ольхового стланика имело мозаичный характер: часть стволов растений, со следами абразии на коре, погибла, в то же время другая их часть уцелела, продолжает вегетировать и способна к репродукции. При этом наличие мощного снежного покрова, частично защитившего ольховник от воздействия пирокластических волн, на данном участке склона маловероятно, что подтверждается полным отсутствием других выживших видов кустарников. Можно попытаться выдвинуть несколько причин ослабления вулканического поражения: 1) падение кинетической энергии пирокластических волн из-за резкого переги-

ба крутого борта кальдеры (45°) к более пологой его бровке (10°–15°) и далее, к слабонаклонной поверхности водораздела за пределами кальдеры; 2) воздействие на данный участок склона менее нагруженной обломками верхней части пирокластической волны; 3) общее ослабление механического и термического воздействия волн по мере удаления от центра извержения: здесь отмечена лишь слабая абразия стволов ольховника, следов обугливания коры не обнаружено. По-видимому, сочетание всех трех факторов обусловило избирательное поражение кустарников: часть экземпляров ольхового стланика, достаточно устойчивого к вулканическому воздействию [9], выжила, тогда как более чувствительные к таковому воздействию виды и, в первую очередь, кедровый стланик [14] погибли. Состав серийных группировок здесь сходен с таковым на участках 3 и 5, однако темпы вторичной сукцессии в целом выше. Слой пирокластике извержения 1996 г. мощностью 5.5–7 см уже частично закреплен корневой системой и опадом вейника, что в какой-то мере ослабило постэруптивную эоловую и эрозионную деятельность, обеспечив тем самым более благоприятные условия для восстановления растительности.

На участке 7, вершина водораздела (рис. 3), также встречаются обломанные стволы и пни, однако проективное покрытие живых кустарников резко увеличивается и достигает 40–45%. В современных сообществах (табл. 1, т. 9) отмечены ольховник высотой до 2.5 м и диаметром стволов до 10 см; кедровый стланик со стволами высотой до 2.0 м и диаметром до 17 см; таволга до 0.5 м высотой. Однако доминантом выступает рябина высотой 1.0–1.7 м и с проективным покрытием около 35%. В травяном покрове преобладают вейник и иван-чай. Растения, обычные под пологом кедровостлаников и ольховников юго-восточной Камчатки: линнея северная (*Linnaea borealis*), фиалка двухцветковая (*Viola biflora*), плаун годичный (*Lycopodium annotinum*), виды мхов и др. [11] – по-прежнему отсутствуют. Тем не менее, на участке 7 впервые появляются такие виды нижних растительных ярусов, как майник и седмичник (табл. 1, т. 9). Эти виды из группы наиболее чувствительных к вулканическому воздействию растений [16, 19], а также единичные экземпляры *Aruncus dioicus* и *Streptopus amplexifolius* были обнаружены под кронами крупных кустарников; здесь же отмечены фрагменты не погребенной тефрой дернины. Даже единичное присутствие таких растений в составе современных группировок свидетельствует о существенном ослаблении вулканического влияния на данном участке. Кроме того, количество выживших экземпляров кустарников здесь резко возрастает, а за перегибом водораздела в их числе отмечается кедровый стланик. Необычную структуру современных растительных сообществ на водораз-

деле, по-видимому, можно объяснить избирательным вулканическим поражением и особенностями вторичной сукцессии. До извержения здесь, очевидно, господствовали сообщества кедрового стланика с участием рябины, в то время как ольховники имели подчиненное положение (рис. 2). В результате извержения, даже на периферии зоны поражения, кедровый стланик был поврежден в большей степени, чем ольховник и рябина. После извержения рябина, обладающая способностью к вегетативному возобновлению, стала активным участником вторичной сукцессии, распространяясь на свободных участках, занятых прежде кедровым стлаником (рис. 3).

На *участке 8* (рис. 3), за перегибом пологого склона водораздела к крутому борту (около 35°) долины р. Карымская, отмечается резкое ослабление вулканического влияния на растительность. Верхняя часть борта занята сообществами рябиновых кедровостлаников и ольховников (табл. 1, т. 10) с проективным покрытием до 100%; среди кустарников практически нет погибших или существенно поврежденных экземпляров. Преобладает кедровый стланик высотой 1.5–2.0 м и средним диаметром стволов около 12 см. Разнотравные ольховники с участием таволги занимают подчиненное положение. В целом, в растительном покрове данного участка отмечается резкое сокращение участия вейника и практически полное отсутствие иван-чая, выступающих основными доминантами серийных группировок на большей части профиля. Воздействие выпавшей пироклаستيку извержения 1996 г. мощностью около 3 см выражается, прежде всего, в обедненном флористическом составе и разреженности нижнего травяного яруса, а также почти полном отсутствии мхов. В то же время, в подобных сообществах рябиновых кедровостлаников, описанных в Кроноцком заповеднике вне зоны влияния современного вулканизма, общее проективное покрытие мхов составляет около 80% [11]. Полное отсутствие погибших экземпляров кедрового стланика свидетельствует о резком снижении поражающей способности пирокластических волн и (или) о повышенной мощности снежного покрова на подветренном вогнутом участке борта долины р. Карымская, защитившего почвенно-растительный покров от поражения. Таким образом, большая часть видов растительных сообществ, преобладавших здесь до извержения, сохранилась и активно участвует в восстановительном процессе, что в значительной мере определяет скорость и направленность восстановительных смен на данном участке.

Описанный профиль характеризует участок северного борта кальдеры Академии Наук, ближайший к эксплозивному кратеру 1996 г., ширина которого составляет около 1 км. К юго-западу от него (рис. 1Б), на участке борта кальдеры протя-

женностью около 500 м воздействие извержения 1996 г. на растительность очень быстро ослабевало. В нижней части борта почвенный покров не был эродирован; здесь, как и на участках профиля 4–6, отмечается частичное поражение кустарников в зависимости от характера микрорельефа. В современных группировках преобладают вейник и иван-чай, ольховники встречаются по западинам и оврагам. На поверхности озерной террасы и на вышележащем склоне большая часть ольхового стланика выжила. Еще дальше на юго-запад борт кальдеры практически полностью покрыт сомкнутыми ольховниками без видимых следов повреждения.

Кроме того, следует отметить, что большинство растительных сообществ района, подверженных влиянию маломощных, но частых пеплопадов продолжающегося извержения вулкана Карымский, являются в той или иной степени нарушенными. Так, в юго-восточной части кальдеры Академии Наук, на расстоянии около 4 км от центра фреатомагматического извержения, в 2003 г. были описаны тундровые и горнолуговые сообщества, имеющие те же особенности, что и рябиновые кедровостланики на участке 8, вблизи эруптивного центра. Для сообществ в целом характерны невысокая сомкнутость; чередование участков, покрытых растительностью, с пятнами перевеиваемой тефры; отсутствие мохово-лишайникового яруса; обедненный состав нижнего травяного яруса. Погибших экземпляров кустарников и многолетних кустарничков: ивы арктической (*Salix arctica*), шикши (*Empetrum nigrum*), голубики (*Vaccinium uliginosum*) и других – не отмечено. Тем не менее, угнетенность нижних растительных ярусов определяет относительно невысокое видовое разнообразие и, по-видимому, более низкую биопродуктивность сообществ в целом.

Первичная сукцессия на п-ове Новогодний охарактеризована на основе данных 4 точек профиля (рис. 1Б, табл. 1, т. 1–4) и 5 внепрофильных точек (рис. 1Б, табл. 2, т. 11–15).

Поверхность полуострова сложена преимущественно грубой пирокластикой с максимальным размером обломков до 1 м. Возможная химическая агрессивность шлаков, отсутствие питательных ресурсов, нарушение механизмов удержания атмосферной влаги в приповерхностном слое, активная эоловая и эрозионная деятельность – все это создает стрессовые условия для поселения растений. Спустя 7 лет после извержения более 95% поверхности полуострова остается пустынным. Поселение первых растений отмечено, преимущественно, вдоль береговой кромки, в прибрежной зоне шириной около 15–20 м (т. 1, 2, 13–15), где уровень грунтовых вод залегает на глубине до 40 см, а поверхность ювенильных шлаков перекрыта слоем влажного песка мощностью 5–20 см со сле-

дами водной переработки. Наиболее активное зарастание наблюдается в узкой полосе шириной около 3–4 м, расположенной в 1–3 м от берега (т. 13, 15). Сомкнутость группировок низкая, растения располагаются полосами, параллельными линии берега, вдоль небольших береговых валов. Единичные растения обнаружены в нескольких взрывных воронках на полуострове (т. 11), их поселение приурочено к уровням выхода грунтовых вод на дне и стенках воронок, формируя серию концентрических полос разреженной растительности. Таким образом, начальные стадии первичной сукцессии отмечены лишь на тех участках, где корни растений обеспечены ресурсами влаги за счет близости уровня грунтовых вод.

Набор растений в группировках достаточно пестрый, однако в целом преобладают виды злаков, которые являются типичными пионерами зарастания вулканогенных субстратов: *Calamagrostis purpurea*, *Poa malacantha*, *Leymus interior* и др. [15]. Существенную роль в первичной сукцессии также играет группа видов с широкой экологической амплитудой, часто выступающих в качестве пионерных растений (*Chamerion angustifolium*, *Artemisia opulenta* и др.). Виды *Rorippa palustris* и *Eleocharis palustris*, по-видимому, можно отнести к группе факультативных термофилов [11, 15], участвующих в первичной сукцессии на термальных площадках в пределах полуострова (т. 11, взрывная воронка; т. 13, край эксплозивного кратера). Наибольшее флористическое разнообразие пионерных группировок зафиксировано в самой узкой части полуострова между северным бортом кальдеры и краем эксплозивного кратера, на участках по периферии конусов выноса (т. 3, 12). Появление в составе группировок луговых мезофитов (*Geranium erianthum*, *Heracleum lanatum*), петрофитов (*Oxyria digyna*) и других типичных видов субальпийских сообществ (*Carex koraginensis*, *Salix arctica*) связано, очевидно, с выносом их семян временными водотоками с борта кальдеры, где эти растения участвуют в составе современных сообществ. Поселение видов мезофильного разнотравья, не приспособленных к выживанию в экстремальных условиях шлаковых субстратов, ограничено участками распространения пролювиальных суглинков, формирующих маломощные корки на поверхности грубообломочной тefры. Эти отложения, по-видимому, более влагонасыщенны и обогащены питательными веществами, поступающими с борта кальдеры в результате эрозии погребенных почв. Среди растений данной группы не отмечено взрослых, способных к цветению и семеношению, экземпляров, поэтому оценить их дальнейшую роль в пионерных группировках не представляется возможным.

Наибольший интерес представляет участие в первичной сукцессии ольхового стланика. Этот вид требователен к наличию питательных ве-

ществ [14], и зависимость от благоприятных эдафических условий, как правило, ограничивает его участие в заселении первичных субстратов. Тем не менее, на полуострове были обнаружены жизнеспособные всходы ольховника высотой 5–30 см. Они появляются в составе пионерных группировок прибрежной зоны, в 10–15 м от берега (т. 13, 14). В расчистках под всходами было обнаружено, что корневая система растений непосредственно связана с горизонтом серого суглинка, залегающего на глубине от 0.5 до 8–10 см на расстоянии от 5 до 15 м от берега, соответственно. Мощность этого слоя варьирует от 1 до 13 см, в нижней его части отмечена горизонтальная слоистость. Поселение всходов ольховника строго ограничено наличием горизонта суглинка вблизи поверхности, и корни растения могут распространяться вдоль него на расстояние более 1 м. Кроме береговой зоны полуострова, горизонт серого суглинка был также обнаружен на восточном побережье озера. Характер распространения и структура горизонта позволяют предположить его озерное происхождение, связанное с повышенным уровнем воды в Карымском озере. Подобное явление наблюдалось сразу после извержения 1996 г., когда уровень воды поднимался на 3–4 м за счет нарушения стока из озера, перекрытого новым полуостровом [10]. В течение 1996 г. р. Карымская выработала новое русло, и сток возобновился; уровень воды в озере упал практически до первоначальной отметки [10], в результате чего на поверхность был выведен тонкозернистый горизонт озерных отложений. Содержание питательных веществ в озерных осадках, по-видимому, достаточно для того, чтобы всходы ольхового стланика сохраняли свою жизнеспособность. Кроме того, влагоемкие суглинки способны поддерживать необходимое увлажнение корнеобитаемого слоя. Тонкозернистые пролювиальные отложения, по-видимому, обладают сходными свойствами, что позволило поселиться отдельным экземплярам ольховника высотой до 20 см по периферии конусов выноса (т. 3, 12).

Динамика растительности на временных срезах. Палинологические данные, полученные по разрезу ППЧ на вершине водораздела (рис. 3, т. 9), позволяют охарактеризовать состояние растительности района на следующих временных срезах (рис. 4): в период вулканического покоя 1982–1996 гг. (обр. 1, 2); непосредственно во время извержения 1996 г. (обр. 3); в настоящее время (обр. 4).

Состав спектров из погребенной почвы позволяет предположить, что до извержения 1996 г. на водоразделе господствовали кедровостланиковые сообщества, ольховники занимали подчиненное положение. К началу извержения 1996 г. (табл. 3, обр. 2) видовое разнообразие сообществ было относительно высоким. В травяном покрове, по-видимому, присутствовали как виды мезо-

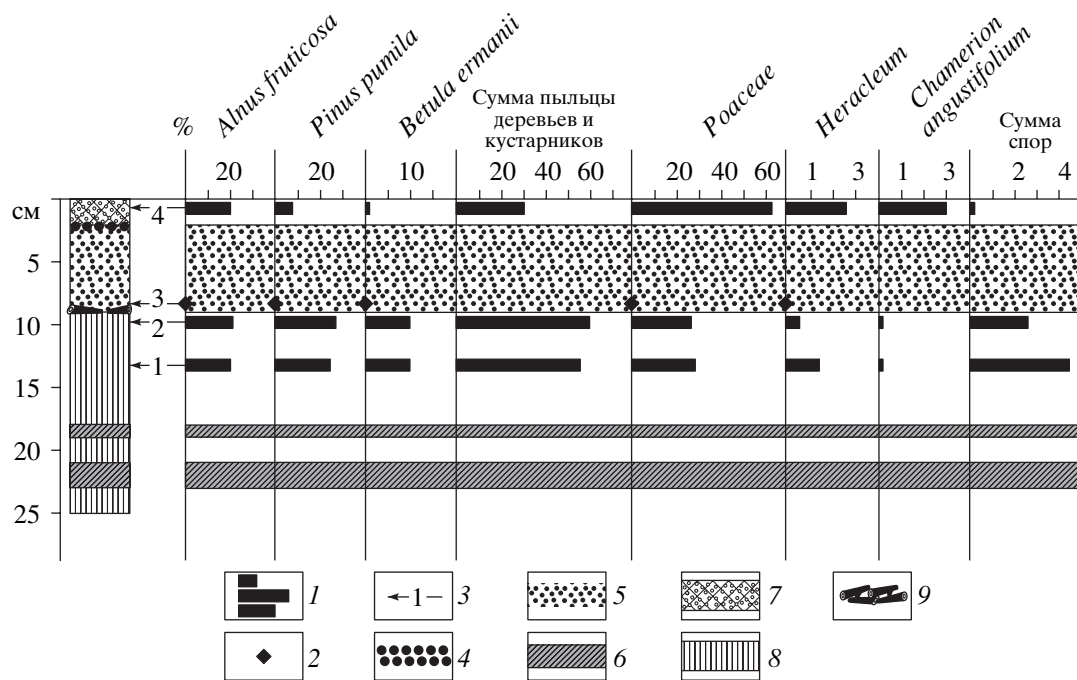


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма (основные таксоны): растительность на временных срезах. 1 – процентное содержание таксонов в спектрах; 2 – единичное присутствие таксонов в спектрах; 3 – места отбора образцов и их номера; 4–9 – см. услов. обозн. на рис. 3.

фильного разнотравья, характерные для субальпийских лугов и разнотравных ольховников: *Saussurea pseudo-tilesii* (таксон *Saussurea*), *Cirsium kamtschaticum* (таксон *Cirsium*), *Thalictrum minus* (таксон *Thalictrum*) и другие, так и виды низкотравья, обычные под пологом кедровостлаников и ольховников вне зоны влияния современного вулканизма: седмичник (таксон *Trientalis*), возможно, майник (таксон *Liliaceae*) и фиалки (таксон *Violaceae*). Ближайшим источником дальнезаносной пыльцы каменной березы, по-видимому, выступали леса в истоках р. Кедровой, расположенные в 5 км юго-западнее района исследований.

В составе спектра после извержения 1996 г. отмечаются очень резкие изменения (рис. 4, обр. 4), которые отражают характер поражения растительности и особенности ее восстановления, наблюдаемые на водоразделе в настоящее время (рис. 3, т. 9). Кедровый стланик, господствовавший здесь до извержения, был поврежден в большей степени, чем ольховник, что находит непосредственное отражение в смене доминантов спектра среди кустарников. Практически полное отсутствие спор и таксонов разнотравья обусловлено сильным поражением нижних растительных ярусов сообществ. Кроме того, характер вторичной сукцессии на данном участке выражен в спектре достаточно четко: в нем абсолютно преобладает пыльца злаков, заметную роль играет пыльца иван-чая и борщевика, способных к вегетативной регенерации. Существенное сокращение количе-

ства заносной пыльцы каменной березы в современном спектре, возможно, свидетельствует о негативном влиянии на березовые леса периодических пеплопадов извержения вулкана Карымский, несмотря на малую мощность выпадающей тefры и достаточную удаленность лесных массивов от эруптивного центра. Однако этот вопрос требует дополнительного изучения.

Особое внимание следует уделить спектру из подошвы тefры извержения 1996 г. (табл. 3, обр. 3). Он имеет очень низкую пыльцевую концентрацию и состоит из региональных компонентов [21], локальные таксоны практически отсутствуют. Так, в данном спектре обнаружена пыльца кедрового стланика, способная распространяться на большие расстояния за счет особенностей своей морфологии; в нем участвует пыльца ольховника и каменной березы, обладающих высокой пыльцевой продуктивностью. Характерно присутствие пыльцы злаков, основных компонентов растительности территории. К узколокальным таксонам, свойственным конкретному растительному сообществу в данной точке [21], можно отнести лишь единичное пыльцевое зерно *Heracleum*. Таким образом, спектр образца из тefры может рассматриваться в качестве “фонового”, поскольку большинство его компонентов присутствует в пыльцевом дожде территории в течение всего года, в то время как локальных таксонов в его составе практически нет [17]. Подобные “фонные” спектры характерны, например, для поверхно-

стей горных ледников выше границы распространения растительности, где источники локальной пыли отсутствуют [4]. К настоящему времени установлено, что миграции пыли по профилю вместе с фильтрующимся поверхностным стоком не происходит, и, следовательно, СПС каждого пеплового горизонта синхронен времени его образования [6]. Принимая во внимание все вышесказанное, можно предположить, что спектр тефры извержения 1996 г. характеризует сезон начала извержения, поскольку СПС с подобными параметрами мог сформироваться только в зимнее время (или в период до начала сезона вегетации). Таким образом, состав СПС подошвы горизонтов тефры в дальнейшем можно попытаться использовать для установления времени (сезона) соответствующих доисторических вулканических извержений. Первая попытка такого рода была предпринята нами в [5]; предварительные результаты хорошо согласуются с данными, полученными по другим источникам (П. М. Андерсон, личное сообщение).

Заключение. Обобщая весь комплекс полученных данных, можно выделить основные закономерности вулканогенной динамики растительности в районе исследований.

1. На субстратах новообразованного полуострова началась первичная сукцессия. Основными факторами, лимитирующими поселение первых растений, выступает, главным образом, ограниченность ресурсов влаги и питательных веществ в вулканогенных отложениях.

2. Зона наибольшего поражения растительности охватывает узкий сектор северного борта кальдеры Академии Наук к юго-западу от устья р. Карымская (рис. 1Б). Его ширина составляет около 1 км. Мощное комбинированное воздействие вулканических агентов извержения 1996 г. обусловило полное уничтожение почвенно-растительного покрова нижней части борта кальдеры (рис. 3, участок 2), где в постэруптивный период началась первичная сукцессия. Сильное поражение растительности пирокластическими волнами и тефрой отмечается на пологонаклонной озерной террасе (участок 3). Здесь наблюдается вторичная сукцессия с преобладанием видов растений, способных к вегетативной регенерации.

3. В верхней части склона (участки 4–6) произошло дифференцированное поражение растительности в зависимости от мощности снежного покрова и особенностей рельефа. Во вторичной сукцессии участвуют местные виды, входившие в состав растительных сообществ до извержения. Набор этих видов и их роль в восстановительном процессе на каждом участке индивидуальны, что обусловлено различной степенью вулканического воздействия. Сходное по характеру поражение растительности также наблюдается на северном

борту кальдеры Академии Наук вне профиля, на участке протяженностью около 500 м юго-западнее п-ова Новогодний (рис. 1Б).

4. За перегибом водораздела (участок 7) вулканическое влияние резко ослабевает, и в составе современных сообществ появляются наиболее чувствительные к нему виды растений. На данном участке отмечаются самые высокие темпы восстановления растительности. И, наконец, на крутом борту долины р. Карымская (участок 8), а также на северном борту кальдеры, на расстоянии более 500 м от эксплозивного кратера, существенного повреждения растительности не отмечено. Таким образом, поражающее воздействие фреатомагматического извержения 1996 г., по видимому, очень быстро ослабевало как по мере удаления от эруптивного центра, так и в “тени” орографических препятствий.

5. Высокая эруптивная активность вулкана Карымский, длительное воздействие пеплопадов на экосистемы района обусловили формирование своеобразных растительных сообществ, постоянно находящихся на различных стадиях восстановления.

6. Комплексные исследования в Карымском вулканическом центре с привлечением данных мониторингового наблюдения и палинологического анализа предоставляют уникальную возможность для изучения вулканогенной динамики растительности. Выявленные закономерности могут быть использованы в дальнейшем для оценки устойчивости и направленности развития экосистем в районах современной вулканической активности.

Авторы выражают благодарность Г.А. Карпову и Е.Г. Лупкиной за помощь в проведении полевых работ, поддержанных грантом Президиума РАН № 03-3-А-05-063, а также И.В. Мелекесцеву и Л.И. Базановой, чьи консультации и советами воспользовались в ходе подготовки работы, а также анонимным рецензентам, чьи рекомендации позволили ее откорректировать.

Работа поддержана грантами РФФИ № 05-05-64517-а, 05-01-02901ЯФ_а, 05-05-66942ЯФ_а и Фондом содействия отечественной науке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.И., Карпов Г.А., Магуськин М.А., Мирошников В.М. О влиянии извержений в кальдере Академии Наук и вулкана Карымский 1996–2000 гг. на окружающую среду (рельеф, водоемы, растительность) // Вестник КРАУНЦ. 2003. № 1. С. 60–73.
2. Брайцева О.А. Фреатомагматическое извержение в озере Карымское (Восточная Камчатка) ~6500 ¹⁴С лет назад и импульсы подачи базальтового вещества в районе Карымского вулкана в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 138–144.

3. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др.* Сильные и катастрофические эксплозивные извержения на Камчатке за последние 10 тысяч лет // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 235–252.
4. *Дирксен В.Г.* Палинологические особенности современных ландшафтов гор севера Внутренней Азии: Дис. ... канд. геогр. наук. Санкт-Петербург, 1999. 256 с.
5. *Дирксен В.Г., Дирксен О.В.* Реконструкция восстановления растительности после катастрофического извержения Курильское озеро – Ильинская 7600 ¹⁴С л.н. на Южной Камчатке // Вестник КРАУНЦ. 2004. № 3. С. 57–86.
6. *Егорова И.А.* Палинологическая характеристика вулканогенно-осадочных отложений в применении к стратиграфии // Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). М.: Наука, 1980. С. 52–76.
7. *Кондратьев В.И.* Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат, 1974. 204 с.
8. *Леонов В.Л., Гриб Е.Н.* Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2004. 189 с.
9. *Манько Ю.И., Сидельников А.Н.* Влияние вулканизма на растительность. Владивосток: Дальнаука, 1989. 161 с.
10. *Муравьев Я.Д., Федотов С.А., Будников В.А. и др.* Вулканическая деятельность в Карымском центре в 1996 г.: вершинное извержение Карымского вулкана и фреатоматическое извержение в кальдере Академии Наук // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 38–70.
11. Растительность Кроноцкого государственного заповедника (Восточная Камчатка). Санкт-Петербург: БИН РАН, 1994. 232 с.
12. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Л.: Наука, 1985–1998. Т. 1–8.
13. *Федотов С.А.* Об извержениях в кальдере Академии Наук и Карымского вулкана на Камчатке в 1996 г., их изучения и механизме // Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 3–37.
14. *Хоментовский П.А.* Экология кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) на Камчатке (общий обзор). Владивосток: Дальнаука, 1995. 227 с.
15. *Якубов В.В., Черныгина О.А.* Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2004. 165 с.
16. *Antos A.J., Zobel D.B.* Recovery of forest understories buried by tephra from Mount St. Helens // *Vegetatio*. 1985. V. 64. P. 103–111.
17. *Cour P., Zheng Z., Duzer D. et al.* Vegetational and climatic significance of modern pollen rain in northwestern Tibet // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1999. V. 104 (3–4). P. 183–204.
18. *Faegri K., Iversen J.* Textbook of pollen analysis. 4th ed. Caldwell, 1989. 328 p.
19. *Grishin S.Yu., del Moral R., Krestov P.V., Verkholat V.P.* Succession following the catastrophic eruption of Ksudach volcano (Kamchatka, 1907) // *Vegetatio*. 1996. V. 127. P. 129–153.
20. *Grishin S., Krestov P., Verkholat V.* Influence of 1996 eruption in the Karymsky volcano group, Kamchatka, on vegetation // *Natural History Res. Special Issue*. 2000. № 7. P. 39–48.
21. *Janssen C.R.* Local and regional pollen deposition // *Quaternary plant ecology*. Oxford, 1973. P. 31–42.

Vegetation Dynamics and Ecologic Impact of the 1996 Eruptions at the Karymskii Volcanic Center, Kamchatka

V. G. Dirksen, O. V. Dirksen

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia*

The degree and character of damage to vegetation due to the 1996 phreatomagmatic eruption in the Akademii Nauk caldera have been estimated and the mechanisms of posteruptive recovery determined. Leading features in the primary succession on the Novogodnii Peninsula have been identified. The state of vegetative cover prior to the 1996 eruption is described. The effect of the ashfalls due to the 1996–2003 eruption has been ascertained.