

**НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ**

УДК 581.33 : 550.21 «312»

О. А. БРАЙЦЕВА, И. А. ЕГОРОВА, Л. Д. СУЛЕРЖИЦКИЙ

**ТЕФРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНАХ АКТИВНОГО ВУЛКАНИЗМА**

В последние годы на Камчатке получили развитие тefрохронологические исследования с широким применением радиоуглеродного датирования. Эти работы преследовали в первую очередь чисто вулканологические задачи — реконструкцию истории формирования современных вулканов и режима их деятельности [1—3, 7]. Однако описанные в процессе таких исследований разрезы отложений явились неоценимым объектом для палинологического изучения, позволившего восстановить детальную историю развития растительности в голоцене, а проводимое в комплексе с тefрохронологическими исследованиями радиоуглеродное датирование дало возможность надежно привязать к временной шкале выделенные рубежи в развитии растительного покрова.

Первым объектом проведения комплексных тefрохронологических и палинологических исследований явился вулкан Малый Семячик (Восточная вулканическая зона Камчатки). Малый Семячик — постройка типа вулканического хребта, образованного тремя слившимися конусами-стратовулканами — Палео-, Мезо- и Кайно-Семячиком. Формирование этих трех конусов отражает миграцию питающего канала вулкана, последовательно смещающегося вдоль трещинной зоны, вследствие чего каждый следующий конус формировался на склоне предыдущего, достраивая хребет в юго-западном направлении. Со всеми конусами связаны поля лавовых потоков у их подножий, сложенные преимущественно базальтами и андезитобазальтами.

Основной задачей собственно тefрохронологических исследований было изучение стратиграфии тefры и составление сводного разреза пирокластических отложений подножия вулкана — той геологической летописи, где последовательно и непрерывно запечатлена вся история его активности. Рассмотрение такого разреза (см. рисунок) показывает, что он является достаточно сложным образованием, в свое время удачно названным И. В. Мелекесцевым [5] почвенно-пирокластическим чехлом. Это своеобразный «слоеный пирог», состоящий из чередования прослоев тefры<sup>1</sup> и погребенных почв. Тefра представлена вулканическими бомбами, лапили шлака и пеплами разной крупности. Прослои тefры разделены межпепловыми горизонтами, обычно сложенными супесями. Гумусированные горизонты супесей получили название погребенных почв. Почвенно-пирокластический чехол — целиком субаэральное образование. Прекрасно выдержанная по простирацию субпараллельная слоистость его отложений является следствием наслаивания горизонтов тefры разного цвета и крупности, выпадавшей во время следовавших друг за другом извержений вулкана.

Тefростратиграфические исследования проводились по общепринятой методике путем составления детальных разрезов и их увязки между собой. Наилучшие разрезы почвенно-пирокластического чехла сохраняются у подножия вулкана на междуречных пространствах, где последова-

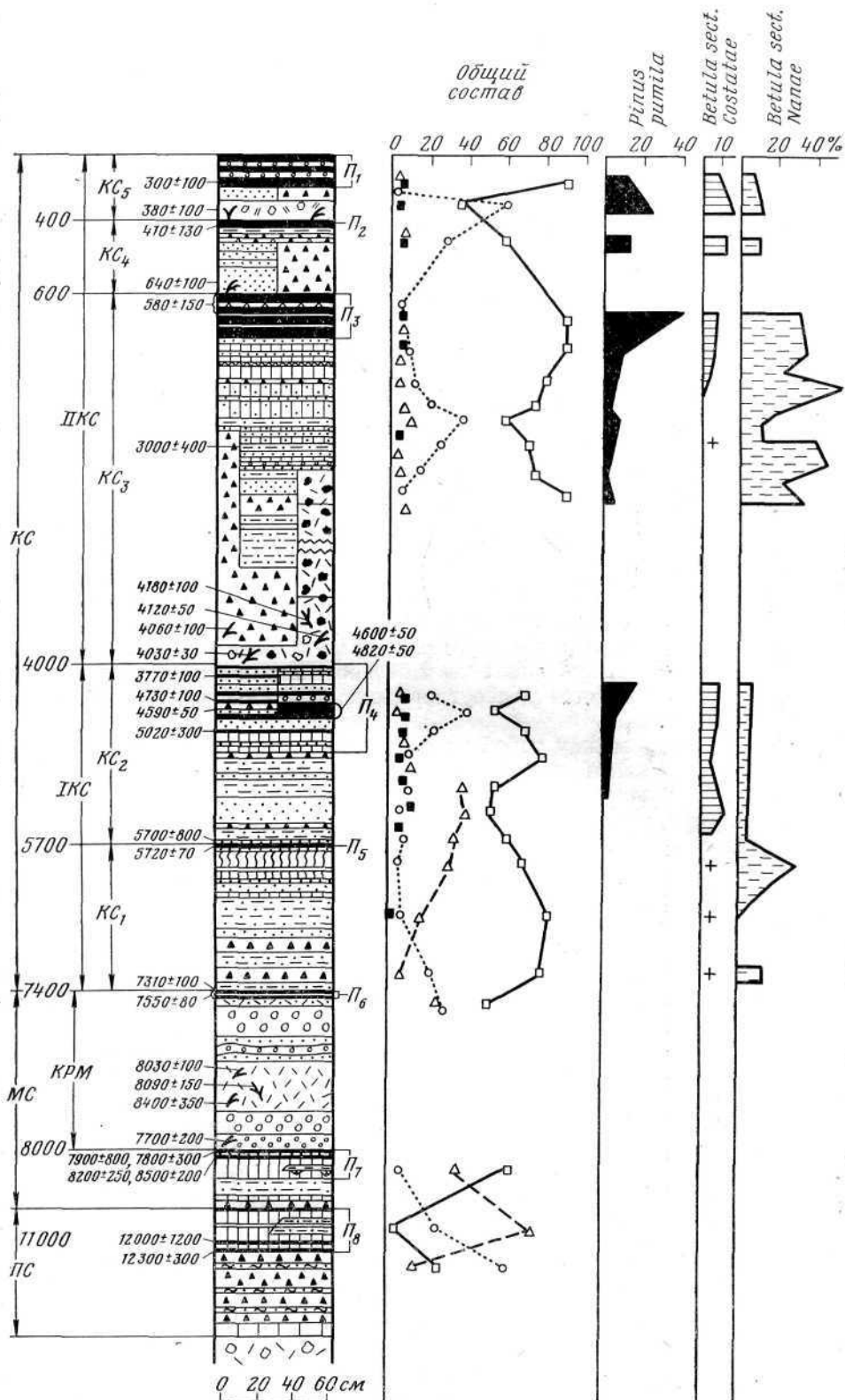
<sup>1</sup> Под тefрой, согласно Тораринссону, понимается кластический материал, переносимый от кратера по воздуху во время извержения.

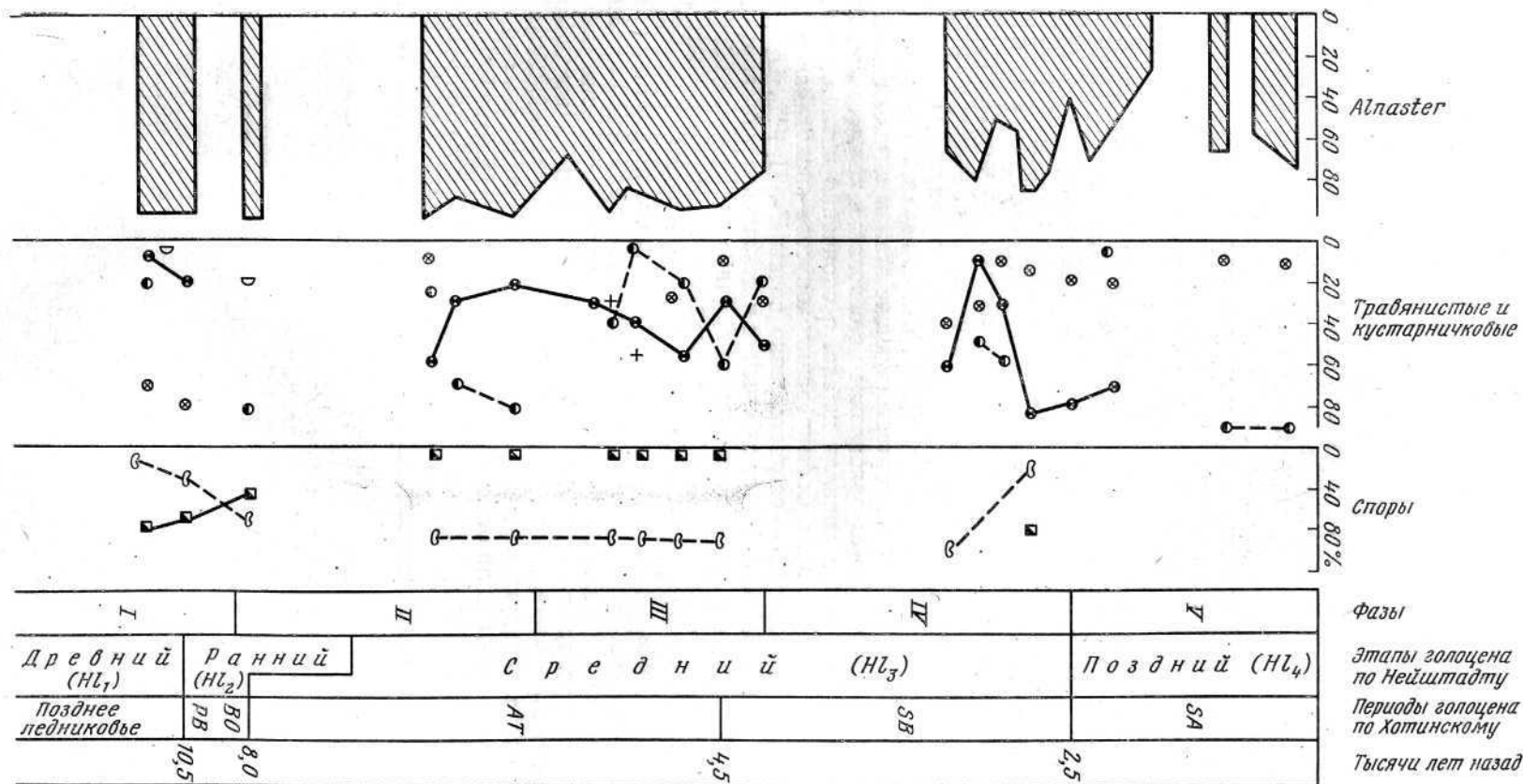
тельность отложения не нарушается никакими, даже локальными перемывами. Изучение разрезов в непосредственной близости от конуса практически невозможно, так как здесь мощность отложений настолько велика, что это исключает расчистку доступными без бурения методами. С другой стороны, на значительном удалении (15—20 км) от вулкана слои тефры резко сокращены в мощности и колонка состоит преимущественно из супесей. Самыми информативными оказываются разрезы, взятые на расстоянии 3—6 км от вулкана, где имеется возможность полного вскрытия чехла с оптимально выраженными горизонтами тефры и достаточно хорошо развитыми погребенными почвами.

Всего вблизи вулкана было получено ~40 полных разрезов почвенно-пирокластического чехла, которые составили первичный стратиграфический материал. Наиболее представительные из них были вынесены на кольцевой профиль, опоясывающий вулканический массив. Рассмотрение разрезов такого профиля [3] показывает, что при перемещении от сектора к сектору в пределах подножия вулкана разрезы, хотя и несколько отличаются по своему строению благодаря выклиниванию отдельных слоев пеплов, но в целом тем не менее в них сохраняются главные пачки пирокластики со всеми маркирующими слоями тефры и горизонтами погребенных почв. Это позволяет достаточно надежно коррелировать разрезы между собой. Корреляция проводится непосредственно в поле методом непрерывного прослеживания горизонтов, так как разрезы берутся на расстоянии всего 1—1,5 км друг от друга, а иногда и чаще. Сопоставление пачек ведется по закономерно повторяющемуся набору пепловых слоев, причем важнейшую роль играют маркирующие контрастно окрашенные слои тефры (серые, желтые, охристые пеплы), а также четкие горизонты шлаков и погребенных почв. Надежность корреляций подтверждается радиоуглеродными датами, полученными в нескольких разрезах.

После увязки между собой частных разрезов кольцевого профиля составляется сводный разрез почвенно-пирокластического чехла (см. рисунок). За основу его взят один наиболее полный разрез у западного подножия вулкана, содержащий все основные пачки пирокластики и погребенных почв, и в него внесены некоторые горизонты пеплов из разрезов других секторов подножия. Мощность пеплов и погребенных почв в сводном разрезе показаны как среднее из 17 разрезов кольцевого профиля.

Присутствие в разрезах почвенно-пирокластического чехла горизонтов погребенных почв, а также наличие древесины и углей, захороненных в пирокластике, создало хорошие предпосылки для радиоуглеродного датирования. Специфика почвообразовательного процесса, своеобразная консервация почв при погребении их тефрой и краткость жизни каждого отдельного почвенного горизонта явились благоприятным моментом при использовании почв как исходного материала для датирования. Для проверки надежности дат образцы по возможности отбирались в одном и том же разрезе, так как в этом случае последовательность датируемых слоев не вызывала сомнений. Кроме того, образцы отдельных почвенных горизонтов дублировались по простиранию в нескольких разрезах (таковы даты для почв П<sub>7</sub>, П<sub>6</sub>, П<sub>5</sub>, П<sub>4</sub> — см. рисунок). В ряде случаев удалось отобрать не только почву, но и содержащуюся в ней древесину (для почв П<sub>3</sub>, П<sub>2</sub>) или древесину из слоя тефры, непосредственно погребавшей почву (для почвы П<sub>4</sub>). Это давало возможность для взаимного контроля дат, полученных по различному материалу. Наибольшие опасения при постановке работ по радиоуглеродному датированию вызывала возможность больших отклонений радиоуглеродного возраста от истинного под влиянием деятельности активно живущего вулкана. Однако закономерная последовательность дат по разрезу, отсутствие значительных «выбросов» и инверсий, а также существенных отклонений в датировках для одной и той же почвы, взятой по простиранию, сходимость дат, полученных по разному материалу, — все это указывает на надежность датировок, близких, видимо, к истинному радиоуглерод-





ному возрасту. Отсутствие заметного вулканического влияния обусловлено рядом причин: положением изученных разрезов на приподнятых междуречных пространствах, отсутствием наблюдаемых выходов углекислоты везде, кроме эруптивного центра, находящегося на 800—900 м выше места отбора образцов и отстоящего от него на 3—7 км, сильными ветрами, отсутствием густой растительности в пределах подножия. Вулканическим влиянием можно объяснить только незначительную инверсию по разрезу дат, полученных по углям из газонасыщенной пироклаستيку палящей тучи в комплексе КРМ (см. рисунок).

Разрез пирокластических отложений (рисунок) полно отражает историю эксплозивной активности вулкана, которая имела четко выраженный циклический (ритмический) характер. Отложения ритмов (КС<sub>1</sub>—С<sub>5</sub>) запечатлевают пульсации вулканической активности, начинающиеся интенсивной эксплозивной деятельностью с накоплением пирокластики и заканчивающиеся ослаблением вулканических проявлений в единицы более высокого порядка — группы и комплексы осадков, как это показано слева от колонки на рисунке. Все эти пачки отложений — ритмы, группы, комплексы — отвечают по времени циклам разного порядка в жизни вулканического массива.

В деятельности Малого Семячика выделяется четыре главных цикла активности (ПС, МС, ИКС и ПКС) соответствующих четырем основным этапам структурно-морфологических преобразований постройки. Первые три цикла отвечают периодам формирования конусов Палео-, Мезо- и Кайно-Семячика. Они запечатлены в колонке пачками отложений ПС, МС и ИКС. Начала циклов, соответствующие этапам активного построения конусов, фиксируются накоплением в основании каждого комплекса вулканических песка и лапилли шлака, а окончания циклов, отвечающие времени завершения формирования конусов, — накоплением супесей и погребенных почв — соответственно почвы П<sub>6</sub>, П<sub>7</sub>+П<sub>6</sub>, П<sub>4</sub> (комплекс отложений КРМ не имеет отношения к деятельности Малого Семячика и связан с мощными извержениями, сопровождавшими образование кальдеры соседнего вулкана — Карымского). Цикл ИКС состоит из двух ритмов, причем маломощная почва П<sub>5</sub> отражает период кратковременного покоя в процессе единого крупного цикла построения конуса Кайно-Семячика. В условиях свободного смещения эруптивного канала по трещинной зоне циклическая схема формирования вулканических конусов повторилась трижды без существенных изменений. Длительность образования конусов Мезо- (цикл МС) и Кайно- (цикл ИКС) Семячика установлена радиоуглеродным датированием: она оказалась примерно одинаковой и составила около 3500 лет. Продолжительность формирова-

---

Спорово-пыльцевая диаграмма почвенно-пирокластического чехла подножия вулкана Малый Семячик. 1 — вулканический гравий и лапилли шлака; 2 — вулканический гравий и лапилли шлака с примесью дресвы гидротермально измененных пород; 3 — дресва гидротермально измененных пород; 4 — пемзовые лапилли; 5 — пемзовый вулканический гравий и песок; 6 — стратифицированная пемзовая тефра: лапилли, вулканический гравий и песок; 7 — пемзовые пески плывчатые; 8 — черные и темно-серые вулканические пески; 9 — те же пески слабостратифицированные; 10 — тонкослоистые пеллы пачки «слоеный пирог»; 11 — горизонты тонких палевых и белых пеплов; 12 — тефра, выпавшая из палящих туч, связанных с образованием кальдеры вулкана Карымского; 13 — охристый горизонт — окисленные желтые и серые вулканические пески; 14 — супеси; 15 — супеси с примесью и неясно выраженными прослоями вулканических пеплов; 16 — погребенные почвы; 17 — отложения вулканических взрывов; 18 — отложения пирокластического потока Кайно-Семячика; 19 — агломератные тупы, связанные с образованием кальдеры Малого Семячика; 20 — вулканический гравий и песок слабо перемытые; 21 — погребенная древесина и угли; 22 — радиоуглеродные даты (лет назад). Сумма выльцы: 23 — древесных, 24 — кустарниковых, 25 — травянистых, 26 — споры, 27 — злаки, 28 — сложноцветные, 29 — полины, 30 — осоки, 31 — разнотравье, 32 — плауны, 33 — папоротники. ПС, МС, КС и КРМ — комплексы отложений Палео-, Мезо- и Кайно-Семячика и кальдеры вулкана Карымского; ИКС и ПКС — группы отложений Кайно-Семячика; КС<sub>1</sub>—КС<sub>5</sub> — ритмы отложений Кайно-Семячика. 1—13 — горизонты погребенных почв

ния Палео-Семячика (цикл ПС) определить не удалось, так как органические остатки в основании его тefры нигде не обнаружены.

Последний цикл активности Малого Семячика (ИКС) характеризуется качественными изменениями в деятельности вулкана в связи с тем, что возможности смещения его канала оказались, очевидно, исчерпанными. Цикл ИКС начался мощными взрывами с разрушением вершины Кайно-Семячика, образованием крупного кратера и извержением пирокластического потока. Многочисленные угли в отложениях потока позволяют датировать его временем — 4000 лет назад. Последовавшая за этим мощная эксплозивная деятельность с отложением бомб, лапилли шлака и вулканических песков сменилась позднее ослаблением вулканических проявлений и затем полным их прекращением в конце ритма КС<sub>3</sub> с формированием почвы П<sub>3</sub>. Следующие два ритма — КС<sub>4</sub> и КС<sub>5</sub> — начинались также с мощных взрывов, выбросов пирокластики и образования новых крупных кратеров на вершине Кайно-Семячика, последний из которых — ныне активный кратер Троицкого, вмещающий термальное озеро. Заканчивались ритмы формированием почв П<sub>2</sub> и П<sub>1</sub>.

Рассмотренный разрез служит не только полной летописью истории формирования вулкана, но и запечатлевает также все главные изменения растительности за отрезок более чем 12 тыс. лет. Послойное палинологическое изучение почвенно-пирокластического чехла показало, что пыльцу и споры содержат практически все его горизонты — погребенные почвы, супеси и пачки стратифицированных вулканических пеплов. Исключением являются более мощные однородные прослои вулканических песков и лапилли, которые отвечают отдельным наиболее крупным и кратковременным выбросам. Отсутствие пыльцы в таких прослоях свидетельствует о том, что, несмотря на хорошую проницаемость чехлов для фильтрующихся поверхностных вод, миграции пыльцы по разрезу не происходит и спорово-пыльцевые спектры каждого горизонта синхронны времени его образования.

Изученные разрезы чехла подножия вулкана Малый Семячик располагаются в поясе горных тундр, где открытые пространства молодых лавовых потоков чередуются с участками, занятыми кустарниками и травянисто-кустарничковыми группировками. Однако современные спорово-пыльцевые спектры взятых здесь поверхностных проб [4] отражают не столько локальные черты растительного покрова, сколько общие особенности растительности прилегающих территорий, включающих пояс субальпийских кустарников и пояс прибрежных березовых лесов. Можно полагать, что и ископаемые спектры имеют аналогичный характер, и восстановленные по ним изменения в растительности характеризуют не само подножие вулкана, а обширный регион одного из типичных отрезков Восточной вулканической зоны.

Всего в пределах подножия Малого Семячика палинологически было изучено 12 разрезов почвенно-пирокластических чехлов. Полученные спорово-пыльцевые диаграммы однотипны и хорошо сопоставляются между собой. Диаграмма, представленная на рисунке, составлена по двум наиболее представительным разрезам, один из которых целиком отвечает нижней половине сводной колонки, а второй — ее верхней половине.

На пыльцевой диаграмме четко выделяется пять фаз развития растительности. Имеющиеся радиоуглеродные даты позволяют привязать эти фазы к отдельным периодам голоцена (в качестве хронологического эталона использована схема Блитта-Сернандера с уточнениями Н. А. Хотинского [8] для Северной Евразии).

В конце позднего ледниковья и начала голоцена (предбореальный и бореальный периоды) господствующее положение занимали травянистые ассоциации со значительным участием плаунов и редкими кустарниковыми группировками; в группе кустарников основную роль играл, ольховый стланник (фаза I). В конце бореального и первой половине атлантического периода сократились открытые пространства за счет возрастания роли кустарниковых ассоциаций (*Alnaster*, *Betula sect. Nanae*)

(фаза II). Разрыв в спорово-пыльцевой диаграмме этого времени падает на короткий период накопления чисто вулканогенных отложений, связанных с формированием кальдеры Карымского вулкана.

Значительные изменения в составе растительности произошли во второй половине атлантического периода. В это время появилась древесная береза (*Betula* сект. *Costatae*) и в составе кустарниковых — кедровый стланник (*Pinus pumila*) (фаза III).

В суббореальное время вновь несколько увеличилась роль травянистых и кустарниковых ассоциаций, значительные площади заняла карликовая береза (*Betula* сект. *Nanae*) и сократились участки березы древесной (фаза IV). Разрыв в диаграмме здесь падает на горизонты грубых вулканогенных отложений — мощные шлаки и отложения пирокластических потоков. Сходство спорово-пыльцевых спектров выше и ниже этого разрыва говорит о кратковременности разделяющего их временного интервала.

Новое расширение площадей, занятых древесной березой, произошло в субатлантическое время (фаза V).

Аналогичные фазы в развитии голоценовой растительности отмечены [4] в опорных разрезах других районов Восточной вулканической зоны (почвенно-пирокластические чехлы по профилю от вулкана Малый Семячик до океана, проходящему через все высотные растительные пояса, почвенно-пирокластические чехлы вблизи вулкана Карымского и торфяники в кальдере Узон и вблизи г. Петропавловска). Сходство изменений в характере растительности, установленное при изучении этих разрезов, позволяет полагать, что они определялись общей причиной — колебаниями климата в голоцене. В ряду изученных разрезов рассмотренные лалинологические данные для отложений подножия Малого Семячика представляют особый интерес в связи с большим количеством радиоуглеродных дат, которые дают возможность привязать эти изменения климата и растительного покрова к временной шкале голоцена.

При определяющей роли климатического фактора изменения в характере растительности отражают и существенное вулканическое влияние. В наиболее общем плане это выступает при сравнении истории развития растительности Восточной зоны и других районов полуострова. Так, если на Западной Камчатке и в Центральной Камчатской депрессии лесные формации получили широкое распространение уже при переходе от позднеледниковья к послеледниковью, то на Восточной Камчатке леса из каменной березы появились только во второй половине атлантического периода (~6000 лет назад), а дальнейшие изменения в характере растительности протекали синхронно для всей Камчатки. Указанную особенность Восточной зоны можно связать с широким развитием здесь эксплозивного вулканизма в конце верхнего плейстоцена. Обширные покровы пирокластических отложений, связанные с кальдерообразованием [6], по-видимому, резко сократили или уничтожили рефугиумы древесной растительности ледникового времени, что и привело к замедлению ее расселения в послеледниковье.

Заметное влияние на растительность оказали катастрофические кальдерообразующие извержения на отдельных участках Восточной зоны. Так, во время формирования кальдеры Карымского вулкана - 8000 лет назад пирокластические потоки распространились по долинам главных рек на расстояние до 10—15 км, а выпавшая тефра покрыла территорию площадью более 1000 км<sup>2</sup> слоем от нескольких метров вблизи кальдеры до 0,5 м на расстоянии 30 км от нее. По-видимому, именно с этим событием связано существенное запаздывание возобновления в послеледниковье березовых лесов в Карымско-Семячинском районе (всего 6000 лет назад) по сравнению с районом кальдеры Узон (~7000 лет назад), где существенные вулканические проявления в начале голоцена отсутствовали.

Что касается извержений отдельных стратовулканов, то их влияние на растительность проявляется локально. В начале циклов вулканической активности излияния лавовых потоков и мощные выбросы тефры

уничтожают растительность на прилегающих к вулкану участках подножия. В периоды же ослабления вулканических проявлений она быстро восстанавливается. Так, судя по многочисленным остаткам стволов кедрового стланика в погребенной почве  $\Pi_3$  вблизи Малого Семячика, кустарниковая растительность в конце периода его относительного покоя ~ 500—600 лет назад одевала все подножие конуса. Последующая активизация вулкана вызвала гибель растительности в радиусе 5—6 км, где она была уничтожена лавовыми потоками и выпавшей тефрой мощностью 0,2—1 м. На спорово-пыльцевой диаграмме (рисунок) влияние активности Малого Семячика выражается в резких колебаниях содержания пыльцы кедрового стланика: именно этот компонент растительного покрова в период относительного покоя вулкана заселяет его склоны и недавние лавовые потоки, а при извержениях почти полностью погибает.

Датированная пыльцевая диаграмма отложений в районе Малого Семячика может служить своего рода хронологическим эталоном для всей восточной зоны Камчатки. Сопоставление спорово-пыльцевой диаграммы любого разреза этого региона с диаграммой Малого Семячика, для которой установлены возрастные границы фаз растительности, дает возможность решать обратную задачу — датировать отложения в тех случаях, когда радиоуглеродные определения возраста отсутствуют или немногочисленны. Таким образом, нами была дана возрастная привязка некоторых важных событий в истории формирования Карымского вулкана по сопоставлению спорово-пыльцевых спектров почвенно-пирокластического чехла его подножия с диаграммой Малого Семячика [13].

Комплексные тефрохронологические и палинологические исследования с широким применением радиоуглеродного датирования в районах активного вулканизма предполагается продолжать и расширить, поскольку их результаты являются надежными исходными данными при решении важных вопросов палеогеографии и стратиграфии голоцена и реконструкции истории формирования современных вулканов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Брайцева О. А., Егорова И. А., Несмачный И. А., Селянгин О. Б., Сулержицкий Л. Д.* Тефрохронологическое датирование лавовых комплексов и реконструкция истории формирования современного вулкана. Бюл. вулканол. ст., 1978, № 53, с. 41.
2. *Брайцева О. А., Егорова И. А., Несмачный И. А., Селянгин О. Б., Сулержицкий Л. Д.* Тефрохронологические исследования как метод изучения закономерностей циклического развития вулкана.— Бюл. вулканол. ст., 1978, № 54, с. 41.
3. *Брайцева О. А., Егорова И. А., Сулержицкий Л. Л.* Тефрохронологические исследования вулкана Карымский.— Вулканол. и сейсмология, 1979, № 1, с. 48.
4. *Егорова И. А.* Палинологическая характеристика вулканогенно-осадочных отложений в применении к стратиграфии.— В кн. Вулканический центр, строение, динамика, вещество (Карымская структура). Т. 1. М.: Наука, 1980, с. 52.
5. *Мелекесцев И. В., Краевая Т. С., Брайцева О. А.* Почвенно-пирокластический чехол и его значение для тефрохронологии на Камчатке.— В кн.: Вулканические фации Камчатки. М.: Наука, 1969, с. 61.
6. *Мелекесцев И. В., Брайцева О. А., Эрлих Э. Н., Кожемяка Н. Н.* История развития современных морфоструктур Камчатки. Вулканические горы и равнины.— В кн.: Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974, с. 62.
7. *Селянгин О. Б., Брайцева О. А., Егорова И. А., Сулержицкий Л. Д., Несмачный И. А.* Геологические и тефрохронологические исследования современного вулкана.— В кн.: Проблемы глубинного вулканизма. М.: Наука, 1979, с. 31.
8. *Хотинский Н. А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977, с. 200.

Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР  
Геологический институт АН СССР

Поступила в редакцию  
16.V.1980