

О. А. БРАЙЦЕВА, И. А. ЕГОРОВА, И. А. НЕСМАЧНЫЙ,
О. Б. СЕЛЯНГИН, Л. Д. СУЛЕРЖИЦКИЙ

**ТЕФРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ЦИКЛИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ВУЛКАНА**

Тефрохронологические исследования, получившие классическое развитие в Исландии, Японии и Новой Зеландии, давно привлекали вулканологов (Гушенко, 1965) и стратиграфов (Гептнер, 1972; Мелекесцев и др., 1969; Фаворская и др., 1965), изучавших Камчатку. Однако эти работы развивались в основном в литолого-геохимическом и стратиграфическом направлениях. Тефрохронологические исследования с широким применением абсолютного датирования для изучения действующих вулканов Камчатки только начинаются. Первым объектом такого рода работ явился вулкан Малый Семячик, расположенный в Карымской группе вулканов в пределах Восточной вулканической зоны Камчатки.

Основной задачей этих исследований, которым и посвящена данная статья, было изучение собственно стратиграфии тефры¹ и составление сводного эталонного разреза пирокластических отложений - той геологической летописи, где последовательно и непрерывно запечатлена вся история деятельности вулкана. Изучение таких разрезов позволяет реконструировать режим вулканического процесса за длительные промежутки времени и выделять периоды усиления и ослабления вулканической активности, отвечающие крупным циклам в жизни вулканического массива. Важнейшим моментом этой работы является определение хронологических рамок выделяемых циклов, т.е. датирование основных событий. Для этой цели использовался метод ¹⁴C. В качестве исходного материала для датирования брались угли и древесина, захороненные в пирокластических отложениях, а также горизонты погребенных почв. Определения абсолютного возраста проводились в Лаборатории абсолютного возраста Геологического института АН СССР.

Вулкан Малый Семячик, развивавшийся с конца позднего плейстоцена, явился прекрасным объектом для постановки тефрохронологических работ из-за его своеобразной "развернутости" во времени и пространстве. По данным детальных геологических исследований (Селянгин, 1974), он представляет собой расположенную в кальдере постройку типа вулканического хребта длиной около 3 км, локализованную вдоль сопряженной с кальдерой зоны разрывов северо-восточного простирания. В массиве четко выделяются три конуса: наиболее древний северо-восточный, затем средний, увенчанный полузасыпанным кратером, и самый молодой, ныне активный, юго-западный конус с несколькими гнездовыми кратерами на вершине. Ниже мы используем названия этих конусов, предложенные Ю.П. Масуренковым: соответственно палео-Семячик, ме-

¹Под тефрой, согласно Тораринсону, понимается кластический вулканический материал, переносимый по воздуху от кратера во время извержения. Термин пирокластический употребляется как собирательный для всего вулканокластического материала, выносимого извержениями, включая тефру, отложения пирокластических потоков и взрывные брекчии.

зо-Семячки кайно-Семячик. Формирование этих трех конусов отражает миграцию питающего канала вулкана, последовательно смещавшегося с северо-востока на юго-запад, к центру кальдеры; каждый следующий конус формировался на склоне предыдущего, достраивая хребет в юго-западном направлении. Первые два конуса сложены базальтами и завершают свою деятельность небольшими порция-ми дацитов и андезитов. Третий конус сложен андезито-базальтами, более кислыми на последних этапах вулканической деятельности. Со всеми конусами свя-заны поля лавовых потоков у подножий, а с кайно-Семячиком также и мощный пирокластический поток (рис. 1). Характерной особенностью деятельности вулкана явились побочные прорывы с образованием шлаковых конусов. Все основные события в истории вулкана - формирование трех его главных конусов, побочные прорывы, крупные взрывы и излияния пирокластических потоков, изменения в составе магматического материала — нашли отражение в пирокластическом чехле, что создает предпосылки и для решения обратной задачи - определение точной последовательности и временных рамок событий методом тефрохронологических исследований.

Небольшая высота массива Малого Семячика (максимальная абс. высота - 1560,6 м, большая часть вершины в среднем близка к ур. 1400 м), изолированность от других вулканов и сравнительно малая площадь основания делают изучение его пирокластических разрезов относительно легко доступным по серии кольцевых маршрутов. Особенно благоприятным для тефрохронологических исследований оказалось присутствие в разрезах большого количества погребенных почв, что создало основу для достаточно дробного абсолютного датирования. Весьма удачно и то, что состав извергаемого материала другого действующего вулкана, расположенного по соседству, Карымского, резко отличается от лав Малого Семячика (андезиты и дациты для Карымского вулкана и базальты и андезито-базальты для Малого Семячика). Это позволяет четко разделить пирокластику указанных двух вулканов и, таким образом, достоверно составить "летопись" для Малого Семячика, исключив посторонние влияния.

Тефростратиграфические исследования проводились по общепринятой методике путем сопоставления и взаимной увязки детальных разрезов. Изученные разрезы, местоположение которых указано на рис. 1, вскрывались обычно на некотором расстоянии от вулкана в пределах его подножия. В непосредственной близости от конуса изучение полного разреза тефры практически невозможно, так как здесь мощность только верхних горизонтов пирокластики столь велика, что исключает расчистку доступными без бурения методами. В привершинной части даже в том случае, когда есть возможность изучения части разреза в стенке кратера, тефра сильно изменена и имеет необычный вид, затрудняющий корреляцию. С другой стороны, на значительном удалении от вулкана (15-20 км) пачки тефры резко сокращены в мощности и колонка содержит преимущественно погребенные почвы. Самыми удачными 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. Для получения наиболее полных опорных разрезов тефры в качестве древней "базисной" поверхности использовалась кровля пирокластических отложений кальдерообразующего извержения, которое предшествовало возникновению Малого Семячика.

Корреляция полученных разрезов тефры проводилась непосредственно в поле методом практически непрерывного прослеживания пачек пирокластики и горизонтов погребенных почв, так как разрезы брались на расстоянии 1-1,5 км один от другого, а иногда и чаще. Корреляция отдельных слоев пепла в разрезах затруднительна, лишь редкие из них имеют маркирующее знамение и выдерживаются по всей площади. Значительно надежнее коррелировать пачки пирокластики, отвечающие отдельным периодам эксплозивной активности вулкана. Сопос-

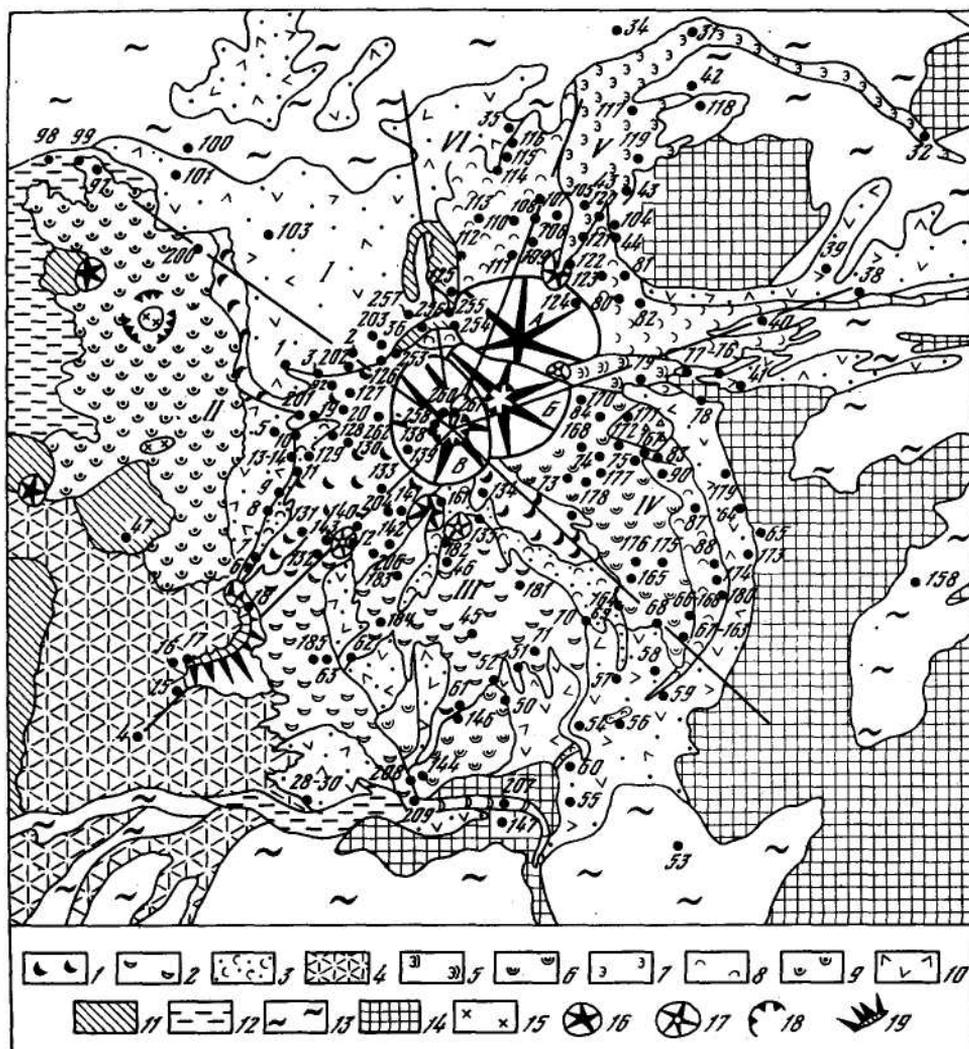
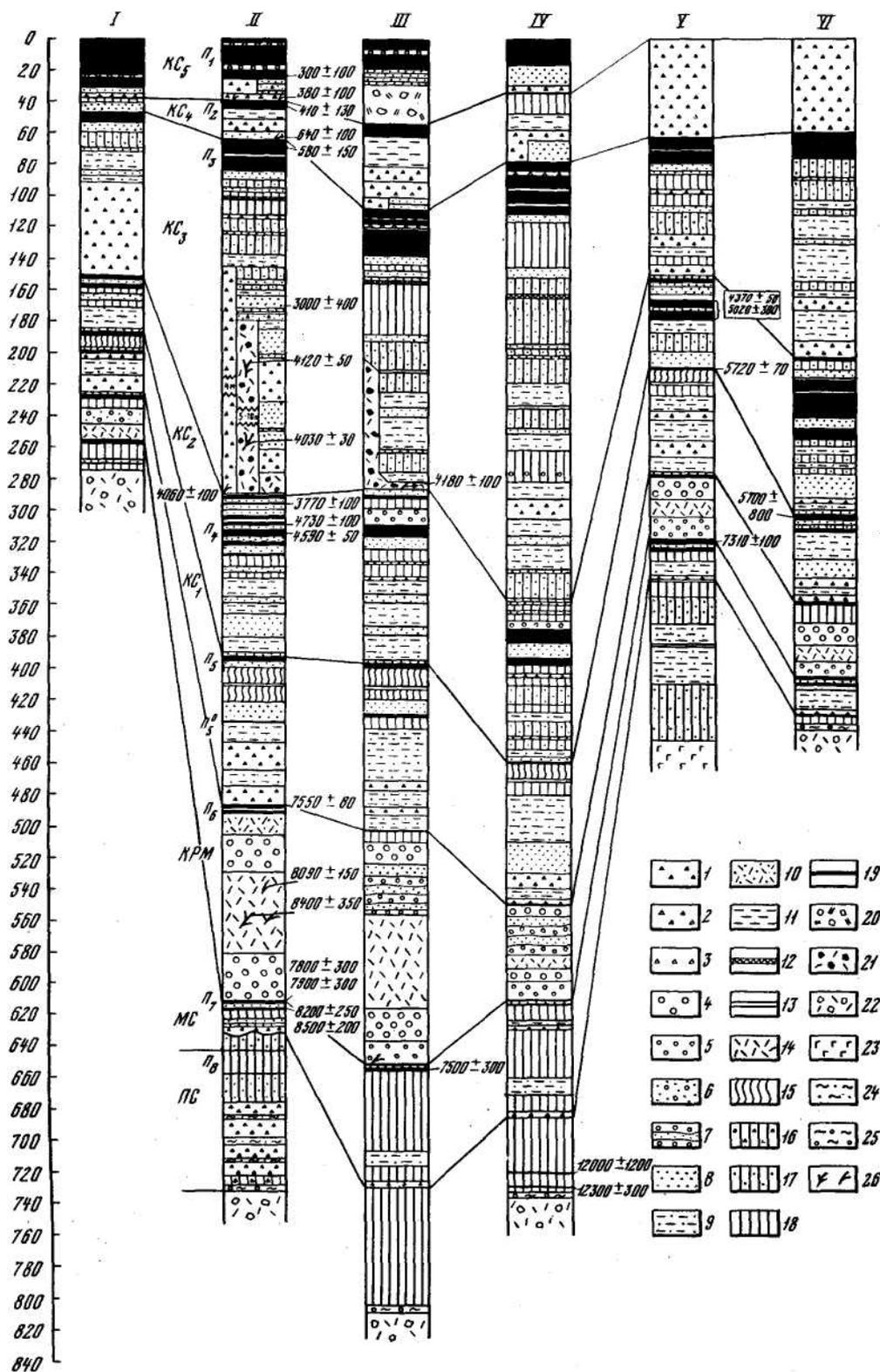


Рис. 1. Схема местоположения основных разрезов тефры (геологическая основа по О.Б. Селянину и Ю.П. Масуренкову, с изменениями)

1-8 - вулканы Малого Семячика. Комплекс кайно-Семячика (голоцен): 1 - лавовые потоки кайно-Семячика, 2 — лавы шлаковых конусов, 3 — отложения пирокластического потока; комплекс отложений, связанных с образованием кальдеры Карымского вулкана (голоцен): 4 — пемзовые туфы пирокластических потоков, комплекс мезо—Семячика (голоцен): 5 - поток побочного прорыва; б- лавовые потоки мезо-Семячика; комплекс палео-Семячика (поздний плейстоцен - голоцен): 7 - поток побочного прорыва; 8 - лавовые потоки палео-Семячика; 9 - комплекс лавовых потоков района многовыходного вулканизма (поздний плейстоцен - голоцен); 10 — агломератовые туфы кальдеры Малого Семячика (поздний плейстоцен); 11 - стратовулканы позднеплейстоценового возраста; 12 - внутрикальдерные озерные и пирокластические отложения среднеплейстоценового возраста; 13 - игнимбритовые покровы среднеплейстоценового возраста, связанные с Карымско-Семячинской вулcano-тектонической депрессией; 14 - стратовулканы и платозффузивы докальдерного комплекса (верхний плиоцен — ранний плейстоцен); 15- экструзивные купола; 16 - конусы молодых стратовулканов: А - палео-Семячик, Б — мезо—Семячик, В — кайно-Семячик; 17- шлаковые конусы; 18 - Крагерби; 19-Маарби; I-IV- секторы, разрезы тефры которых показаны на рис. 2



тавление пачек ведется по закономерно повторяющемуся в них набору тепловых слоев; важную роль здесь также играют маркирующие горизонты, например четкие прослои контрастно окрашенных пеплов или погребенные почвы, каждая из которых имеет свои особенности. Надежность корреляции проверяется радиоуглеродными датами в нескольких разрезах.

Полученные вблизи вулкана Малый Семячик более 40 полных разрезов тефры составили первичный стратиграфический материал, однако их многочисленность и дробность затрудняют анализ и обобщение этого исходного фактического материала. В целях облегчения увязки и большей наглядности нами был построен кольцевой профиль (рис. 2), где для каждого сектора подножия вулкана, показанного на рис. 1, составлен обобщенный разрез тефры. Разрезы несколько отличаются по внутреннему строению разновозрастных пачек пирокластике и их мощностям, в то же время они сохраняют главные общие черты и хорошо коррелируются между собой от сектора к сектору. На основании этих разрезов создан единый сводный, или, как его часто называют зарубежные исследователи, "идеализированный" разрез. В него вынесены все существенные пепловые слои, отложения пирокластических потоков, взрывные брекчии и все горизонты погребенных почв (рис. 3).

Рассмотрение разреза в целом показывает, что он представляет собой достаточно сложное образование (в свое время удачно названное И.В. Мелекесцевым почвенно-пирокластическим чехлом), состоящее из чередующихся горизонтов тефры и погребенных почв. Очевидно, что пачки пирокластических отложений в разрезе отражают периоды усиленной эксплозивной активности, а разделяющие их горизонты погребенных почв фиксируют ослабление или полное прекращение вулканических проявлений. К. Накамура (Nakamura, 1964) сформулировал перспективный подход к изучению вулканической активности, предложив группировать вулканические отложения в эруптивные циклические единицы и комплексы разных порядков. Разработанная при таком подходе терминология широко используется зарубежными учеными. В качестве минимального по объему

Рис 2. Разрезы тефры подножий вулкана Малый Семячик

I—VI - номера разрезов, соответствующих номерам секторов на рис. 1; 1 - вулканический гравий и лапилли шлака; 2 - вулканический гравий и лапилли шлака с дресвой измененных пород; 3 - дресва измененных пород; 4 - пемзовые лапилли; 5 - пемзовые вулканические гравий и песок; 6 - пемзовый песок с редкими пемзовыми лапилли; 7 - стратифицированная тефра - пемзовые лапилли, гравий, песок; 8 - вулканические пески; 9 - вулканические пески слабостратифицированные; 10 - пемзовые вулканические пески пылеватые; 11 - тонкослоистые пеплы и вулканические пески ("слоеный пирог"); 12 - горизонты тонких сиреневых пеплов; 13 - горизонты тонких палевых и белых пеплов; 14 - алевропелитовые туфы пирокластического потока и палящих туч, извергнутых при образовании кальдеры Карымского вулкана; 15 - охристый горизонт - окисленные желтые и серые вулканические пески; 16 - супеси с примесью вулканического гравия; 17 - супеси с примесью вулканического песка; 18 - супеси; 19 - горизонты погребенных почв; 20 - отложения направленных взрывов; 21 - туфы пирокластического потока кайно-Семячика; 22 - агломератовые туфы кальдеры Малого Семячика; 23 - базальты; 24 - слабо перемытые вулканические гравий и песок; 25 - пролювиальные отложения; 26 - погребенная древесина и угли. Строение пачек пирокластике и их мощности взяты из наиболее представительных разрезов каждого сектора; мощность представленных разрезов порядка 3-8 м. КС₁—КС₅ - ритмы отложений кайно-Семячика (строение ритмов и их мощности взяты из наиболее представительных разрезов); ПС, МС, КРМ - комплексы отложений соответственно вулканов палео- и мезо-Семячика и Карымского

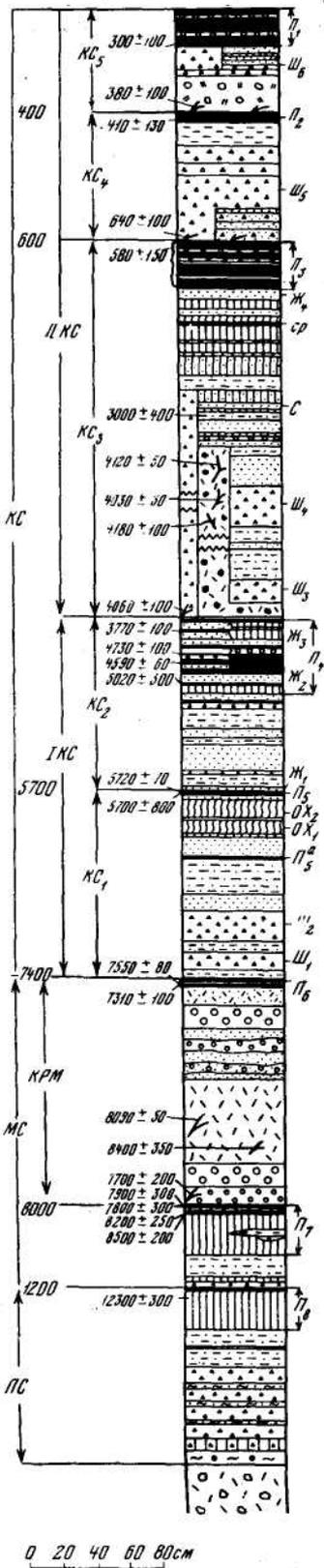


Рис.3. Сводный разрез пирокластических отложений подножия вулкана Малый Семячик

Условные обозначения см. на рис. 2: I КС-ПКС - группы отложений кайно-Семячика. Индексы справа от колонки - главные маркирующие горизонты пеплов и погребенных почв: п1— п8 — горизонты погребенных почв; ш1 —ш6 — горизонты вулканического шпака; гравий и лапилли; Ж1 -Ж4 — горизонты желтых и серо-желтых вулканических песков; ох1 - ох2 - горизонты охристых пеплов; с — горизонт серого вулканического песка; ср - горизонт тонкого сиреневого пепла

геологического тела выделяется слой или горизонт тефры (unit зарубежных авторов), образовавшийся в результате либо единичной эксплозии, либо непрерывной серии эксплозии; в последнем случае тефра имеет слабо выраженную стратификацию. Единицей более высокого порядка является эруптивный комплекс названный нами ритмом (tember). Отложения ритма запечатлевают хорошо выраженную пульсацию вулканической активности, начинающуюся интенсивной эксплозивной деятельностью и заканчивающуюся ослаблением или прекращением вулканической активности с образованием погребенных почв. В качестве единицы еще более высокого порядка можно выделить группы и комплексы (group и formation), которые включают уже несколько ритмов и являются отражением серии крупных пульсаций. Выделяемые ритмично построенные пачки отложений (комплексы, группы, ритмы) отвечают во времени вулканическим циклам разного порядка.

В свободном разрезе пирокластических отложений на рис. 3 соответственно трем главным этапам формирования вулканического массива - образованию конусов палео- мезо- и кайно-Семячика - выделяются три основных комплекса пирокластических отложений, обозначенных индексами ПС, МС и КС.

Отложения комплекса палео-Семячика (ПС) крайне скудны и обнаружены в немногих местах. Они залегают в основании почвенно-пирокластического чехла на агломератовых туфах кальдерообразующего взрыва. По-видимому, их накоплению препятствовало широкое развитие флювиальных процессов, связанных с таянием последних верхнеплейстоценовых ледников, а также отсутствие растительного покрова, обусловившее интенсивное протекание делювиального смыва. Нижняя часть комплекса представлена несколькими горизон-тами вулканического гравия и лапилли шлака с примесью зерен измененных пород и щебенки эф-фузивов. Горизонты тефры разделены локальными

перемычками материала временными водотоками. В верхней части комплекса грубая пирокластика уступает место черным стратифицированным вулканическим пескам - продуктам слабых, но почти непрерывных экспозиций. Конец цикла характеризуется затуханием эксплозивных проявлений и формированием погребенной почвы 8, которая представлена буро-желтой, супесью, местами слабо гумусированной в верхней части. Почва 8 отмечена на всех лавовых потоках палео-Семячика и фиксирует прекращение его активности. Окончание цикла имело место около 11-12 тыс. лет тому назад (см. рис. 3). Начало цикла датировать не удастся, так как органические основания тефры нигде обнаружены не были. Состав тефры палеокомплекса изменяется от базальтов на начальных стадиях до андезитов в конце цикла.

Следующий комплекс пирокластических отложений (МС) связан с формированием конуса мезо-Семячик а. Его тефра залегает не только на отложениях агломератовых туфов, но и на потоках палео-Семячика, перекрывая повсеместно почву 8. Нижняя часть комплекса включает хорошо прослеживающийся по всей площади горизонт черного вулканического гравия и шлаковых лапилли, а также горизонт черных слабостратифицированных вулканических песков. Верхняя часть представлена почвой 7, состоящей в основном из серо-бурой супеси. В верхах почвы повсеместно прослеживается четкий слой серого вулканического песка, разделяющий два гумусовых почвенных горизонта. В средней части почвы в редких случаях удается наблюдать маломощный горизонт тонкого переслаивания желто-серых пеплов ("слоеный пирог") с линзами или отдельными зернами вулканического гравия в основании. Эти прослои отвечают отдельным вспяшкам эксплозивной активности на фоне общего ослабления вулканических проявлений в период формирования почвы 7. Почва 7 фиксируется на всех лавовых потоках мезо-Семячика, свидетельствуя о завершении его извержений около 8000 лет тому назад. Состав пирокластического материала в отложениях мезокомплекса изменяется от базальтового в начале цикла до андезитового на его заключительных этапах.

Залегаящий выше в разрезе комплекс пирокластических отложений КРМ (см. рис. 3) не имеет отношения к деятельности Малого Семячика, однако важен как региональный маркирующий горизонт, фиксирующийся на всей территории района вплоть до океана. Этот комплекс связан с мощными извержениями, сопровождавшими образование кальдеры Карымского вулкана. Главная его часть представлена розовато-палевым алевро-пелитовым материалом раскаленной тучи и отложениями пемзовых пирокластических потоков, развитых вблизи кальдеры. Эти отложения в изобилии содержат обугленную древесину, подстилаются и перекрываются горизонтами пемзовых лапилли. Продукты Карымского центра отличаются существенно более кислым составом — дацитовым и липарито-дацитовым. Важно подчеркнуть, что за весь период накопления комплекса кальдеры Карымского извержения Малого Семячика полностью отсутствовали. Достаточно длительный (400-500 лет) период покоя соответствует формированию двух почв (почвы 7 и 6) и времени эксплозивной активности Карымского центра. Общая длительность цикла МС, таким образом, составляет около 4500 лет.

Следующий крупный комплекс (КС) отвечает времени формирования конуса кайно-Семячика. Отложения этого комплекса оказалось возможным сопоставить с разрезом прижерловой части кайно-Семячика, вскрытой в кратере Троицкого и, таким образом, полнее реконструировать развитие вулкана на последнем этапе его деятельности. Приводимый на рис. 4 разрез-развертка кольцевой стенки кратера сопоставлен путем дешифрирования ее круговой "фотопанорамы в корреляции с геологией доступных частей разреза и вершины

¹Здесь и далее имеется в виду возраст, рассчитанный по константе 5568 лет без поправки на изменения концентрации радиоуглерода в атмосфере.

постройки в целом. По составу и по угловым и стратиграфическим несогласиям в прижерловой толще также выделяется несколько комплексов вулканитов.

В почвенно-пирокластическом чехле отложения комплекса кайно-Семячика разделяются на две группы (ИКС, ИКС), каждая из которых соответствует определенному циклу в жизни конуса (см. рис. 3). Группа отложений I КС отражает этап построения самого кайно-конуса. Она состоит из двух ритмов - $КС_1$ и $КС_2$. Отложения первого ритма представлены черными вулканическими песками андезито-базальтового состава, часто слабострагифицированными, с двумя характерными прослоями шлаковых лапилли. После небольшого интервала, отмеченного слабо гумусированной супесью (почва 5^а), накапливалась пирокластика иного облика и состава: это ясно выраженные, относительно мощные слои серых и желтых андезитовых вулканических песков, местами окисленных и разложившихся с образованием охристого горизонта. Формирование ритма продолжалось около 1700 лет и завершилось примерно 5700 лет назад непродолжительным периодом покоя и образованием хорошо гумусированной почвы 5. Средняя мощность отложений ритма на расстоянии 3-6 км от вулкана составляет около 80 см.

Следующий ритм - $КС_2$ - в целом аналогичен только что описанному. Он начинается пачкой черных андезито-базальтовых вулканических песков, обычно слабостратифицированных, и отличается от начала предыдущего ритма отсутствием горизонтов более грубой тefры. Завершается ритм своеобразной пачкой погребенных почв 4, которая разделена на несколько гумусовых горизонтов отдельными слоями андезито-базальтовых и андезитовых серых и желтых пеплов, очень сходных с пеплами верхней части предыдущего ритма $КС_1$. В пачке погребенных почв четко фиксируется горизонт пемзового вулканического песка и мелких лапилли, связанных с извержением вулкана Карымского. Продолжительность накопления ритма $КС_2$ составляет также 1700 лет; заканчивался этот период около 4000 лет тому назад. Средняя мощность отложений ритма составляет 85 см. Обращает внимание, что при сходстве отложений двух описанных ритмов $КС_1$ и $КС_2$, отражающем ритмичное протекание вулканизма, имеются и важные отличия, связанные с направленностью процесса. Если в конце первого ритма $КС_1$ эксплозии андезитовых пеплов следовали без существенных перерывов до венчающей ритм почвы 5, то в конце второго ритма $КС_2$ пепловые слои рассредоточены внутри пачки погребенных почв, отражая общее и более существенное ослабление вулканических проявлений в конце цикла. Длительность всего цикла I КС составляет около 3500 лет. В отложениях обоих описанных ритмов этого цикла наблюдается сходное изменение состава материала от более основных разностей в начале ритмов к более кислым на их заключительных этапах.

В прижерловой части вулкана этому циклу отвечают породы первого комплекса, показанного на рис. 4. Его отложения видимой мощностью до 200 м представлены преимущественно грубообломочными тefроидами - агломератами, агглютинатами, шлаками - с резко подчиненными прослоями лав. Близость кровли этого комплекса пород к современной поверхности кайно-Семячика и совпадение их форм указывают, что с накоплением вулканитов первого комплекса постройка уже была сформирована в виде, близком к современному, практически достигнув своей предельной высоты. Последующие накопления вулканитов, как показывают структурные соотношения комплексов прижерловой толщи, лишь компенсируют возникшие деструктивные формы (кратеры), без приращения ранее достигнутой высоты постройки.

Следующий цикл вулканической активности кайно-Семячика (отложения группы ИКС) отражает качественные изменения в характере вулканических проявлений. Этому циклу отвечают отложения ритмов $КС_3$, $КС_4$ и $КС_5$. Ритм $КС_3$ начинается мощными взрывами, разрушившими вершину конуса с об-

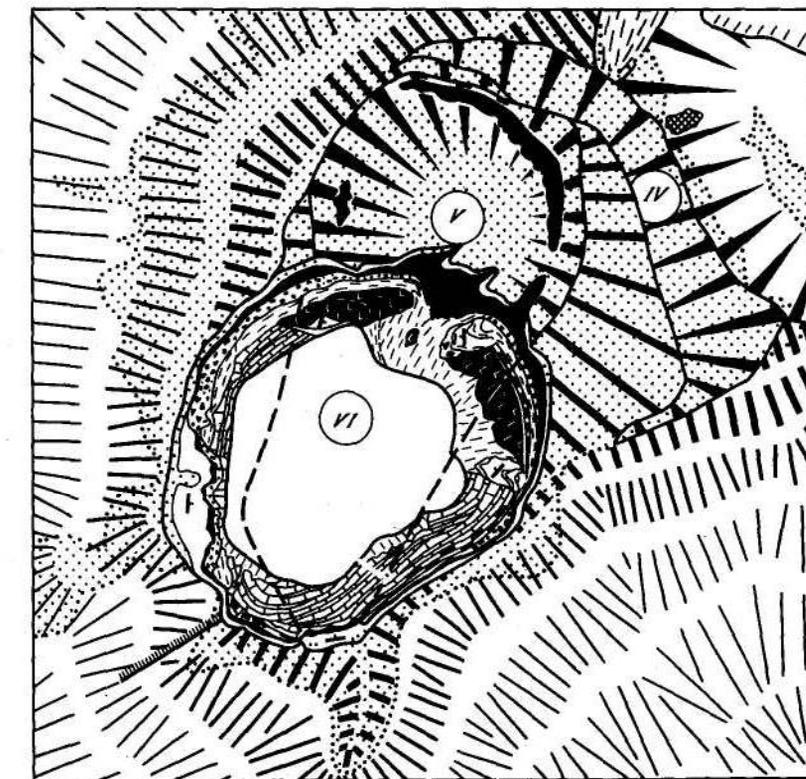
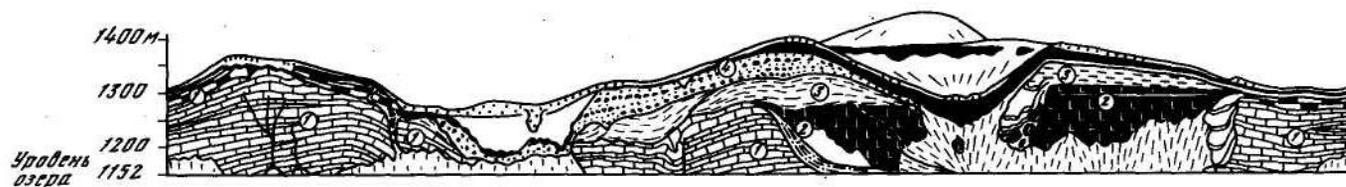
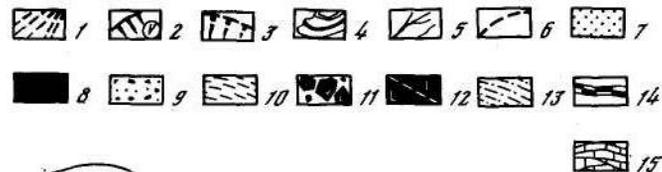


Рис. 4. Фрагмент геолого-морфологической карты Малого Семьячика

Элементы морфологии и структуры: 1 - первичные склоны постройки; 2 - кратеры; их номера указывают порядок омоложения построек; 3 - тектонические уступы; 4 - поверхности напластования и залегания слоев; 5 - трещины; 6 - реконструированные границы кратера V

Стратиграфия и литология (номер комплекса указан в кружке). Четвертый комплекс: 7 - пестроцветные пеплы с горизонтами глыб и прослоями шлаков ("слоеный пирог"); 8 - андезито-базальты лавового покрова вершины; 9 - слоистые шлаки и агломераты; Третий комплекс: 10 - слоистые шлаки и пеплы с примесью резургентного материала; 11 - эруптивные жерловые брекчии; второй комплекс: 12 - андезито-базальты застывшего лавового озера; 13 - базальные слои пирокластики и осевших отложений; первый комплекс: 14 - андезито-базальты; 15 - толща измененных грубослоистых тейфroidов - агломератов, шлаков, пеплов



разованием крупного кратера. Отложения низов ритма представлены взрывными брекчиями и материалом пирокластических потоков, а также интенсивно накопившейся далее без перерывов, тефрой - вулканическими бомбами, лапилли, нестратифицированными и слабостратифицированными песками. Многочисленные угли, содержащиеся в отложениях пирокластического потока, позволяют датировать начало взрывной деятельности и излияние потока 4000 лет назад. Период крайне напряженной вулканической активности продолжался около 1000 лет. Верхняя часть ритма КС₃ (моложе 3000 лет¹) отражает некоторое ослабление эксплозивной деятельности: отложения этой части представлены буро-желтыми супесями с постоянной примесью или неясными прослоями вулканических пеплов (что свидетельствует о непрекращающихся слабых эксплозиях) и отдельными четкими горизонтами черных, серых, желтых или сиреневых грубых и тонких пеплов, отмечающих более крупные выбросы. Ритм заканчивается почвой 3, фиксирующей очередной перерыв вулканической деятельности Малого Семячика. Длительность рассматриваемого ритма КС₃ составляет около 3500 лет и равна длительности всего предшествующего цикла I КС. Средняя мощность отложений ритма на расстоянии 3-6 км от вулкана составляет 170 см. Состав пирокластического материала достаточно однороден на протяжении почти всего ритма - это андезито-базальты.

Если на периферии вулкана начало цикла ИКС характеризовалось накоплением пирокластических отложений значительной мощности, то в прижерловой части в это время, как указывалось выше, главную роль играли деструктивные процессы. Строение кратера, выработанного этим извержением в толще вулкаников первого комплекса, вскрыто в северо-восточной стенке кратера Троицкого (см. рис. 4). Древний кратер выстлан пачкой пирокластических и обвальноссыпных отложений и заполнен до краев мощным телом андезито-базальтов, представляющим собой застывшее лавовое озеро (комплекс 2 на рис. 4). Тонкослоистый мелкообломочный пирокластический материал комплекса 3, перекрывающий лавы, соответствует, видимо, верхней части ритма КС₃, отражая слабую эксплозивную деятельность заключительных этапов этого периода вулканической активности.

Следующий ритм КС₄ начинается продуктами мощных эксплозий - гравием и лапилли шлака на севере и вулканическими песками на юге и востоке. Активизация вулкана привела к гибели растительного покрова в радиусе 5-6 км от вулкана. Стволы и ветви кедрового и ольхового стланника вместе с погребенной почвой 3 повсеместно в изобилии встречаются под этой пирокластикой. Состав пирокластики уже в самом начале ритма соответствовал андезитам. Верхняя часть ритма представляет собой пачку пеплов типа "слоеного пирога" - это дробное переслаивание песчуроокрашенных гонких пеплов и вулканических песков, которые фиксируют серии частых, следовавших друг за другом слабых эксплозий. Ритм завершается формированием почвы 2. Она присутствует не во всех разрезах, но местами выражена очень четко и содержит погребенную древесину. Длительность ритма составляет всего 200-250 лет. Средняя мощность отложений ритма 34 см,

В прижерловой части этому ритму соответствуют отложения комплекса 4. Пирокластика в его составе аналогична описанной для подножия вулкана: низы комплекса представлены 40-метровой пачкой слоистых шлаков и агломератов, верхняя часть сложена пачкой тонкослоистых пеплов 'слоеного пирога' с прослоями шлаков. Пачки разделены лавовым покровом, облекающим всю вершину. Истоком его служило лавовое озеро в удлиненном овальном кратере (см, V на рис. 4), остаток которого теперь примыкает к кратеру Троицкого с севера.

Последний ритм КС₅ начался взрывом, отложения которого залегают в юго-западном секторе подножия вулкана в радиусе 3-3,5 км, В результате это-

¹Образец с датой 3000 + 40С лег предоставлен Г.Н. Ковалевым.

го взрыва (около 400 лет назад) и последующих обрушений стенок окончательно оформился кратер Троицкого в его современных границах. Деятельность вулкана после взрыва завершилась серией более слабых эксплозий с отложением черных шлаков разной крупности - от лапилли до вулканических песков. Средняя мощность отложений ритма, включая современную почву, около 20 см. Состав тефры, как и в конце предыдущего ритма, соответствует андезито-базальтам. Длительность ритма составила около 400 лет, закончился он формированием современной почвы и дернины, которые лишены пепловых прослоев Малого Семячика и свидетельствуют о прекращении им выноса твердых продуктов в течение последних трехсот или немногим более лет. В почве фиксируются лишь два горизонта пемзовой тефры недавних извержений вулкана Карыско-го.

Проведенное рассмотрение истории эксплозивной деятельности Малого Семячика показывает, что она развивается как четкий циклический (ритмический) процесс. Цикличность выражается в чередовании периодов усиления и периодов ослабления или полного прекращения вулканической активности и в определенной повторяемости эволюции состава отложений каждого цикла. Не обсуждая здесь детали вариаций интенсивности вулканизма и состава его продуктов, проанализируем природу крупномасштабной цикличности, установленной по совпадению динноперодных пульсаций активности с основными структурно-морфологическими и вещественными преобразованиями при формировании постройки Малого Семячика. Выделяемым таким образом четырем циклам активности в отложениях тефры соответствуют комплексы ПС и МС и обе группы комплекса КС - ИКС, ИКС. Длительность трех последних циклов (МС, ИКС, ИКС) установлена радиоуглеродным датированием и составляет соответственно 4500, 3500 и 4000 лет.

Первые три цикла (ПС, МС, I КС) соответствуют этапам образования трех главных конусов массива. Периоды затухания вулканической активности отмечают завершение формирования конусов и предвещают перестройку системы питания вулкана - смещение эруптивного центра. Очевидная закономерность этих совпадений позволяет рассматривать вулканизм Малого Семячика как прерывисто-непрерывный процесс периодического достижения вулканом определенных пределов роста и развития и преодоления их путем вещественных и структурных преобразований в системе питания.

На достижение предела роста каждый конус Малого Семячика "реагировал" побочными прорывами на низких гипсометрических уровнях, а также раскислением (и уменьшением плотности) магмы в центральном канале, облегчавшим ее подъем к вершинному кратеру во время финальных извержений. С исчерпанием этих последних возможностей деятельность конуса прекращается. После периода вынужденного покоя следующий цикл активности начинался смещением канала по трещинной зоне, что и обеспечивало возможность продолжения вулканизма формированием нового конуса рядом с предыдущим. Судя по основному составу тефры, в начале циклов новые каналы дренируют достаточно глубокие горизонты магмоподводящей системы и не являются ответвлениями более ранних.

В истории формирования Малого Семячика описанная схема развития повторилась трижды - в циклах ПС, МС, I КС. Отметим, что достижение предельной высоты кайно-Семячиком к концу цикла I КС устанавливается независимо: по вышеописанным соотношениям комплексов прижерловой толщи и по появлению побочных прорывов именно в конце цикла I КС, что здесь надежно определяется тefрохронологическим методом.

Существенное изменение установившейся схемы циклического развития вулканизма произошло по завершению цикла I КС, когда возможности дальнейшего смещения канала были исчерпаны. Следующий цикл активности (II КС) в условиях предельной высоты конуса и стабильного положения центра эрупции начался беспрецедентно мощной взрывной деятельностью, с излиянием пироклаستي-

ческих потоков и разрушением вершины постройки. Это последнее обстоятельство явилось предпосылкой дальнейшей деятельности вулкана - до реконструкции конуса, достигнутой к концу цикла ИКС, после крупного перерыва активности (ритм КС₄ и комплекс 4 прижерловой толщи). Последний акт эрупции (ритм КС5) на кайно-Семячке был чисто эксплозивным. Состав тефры в течение цикла ИКС в целом эволюционировал в той же гомодромной последовательности, от андезито-базальтов до андезитов.

Таким образом, в отличие от первого типа развития вулканизма в условиях относительно свободного смещения канала по трещинной зоне, при фиксированном положении эруптивного центра возрастает мощность эксплозий и вулканизм развивается как чередование деструктивных и конструктивных процессов, т.е. путем попеременного разрушения и нового восстановления постройки до предельной высоты. Важно отметить, что на кайно-Семячке в конце II КС эта высота соответствовала уровню последнего лавового озера, залитшего вершину, т.е. близка к максимальной высоте подъема магматической колонны.

Ранее (Селягин, 1977) на основании анализа строения Малого Семячика, его структурной позиции и гипсометрии постройки указывалось, что достижение вулканом предельной высоты является, с одной стороны, следствием того, что его конусы достигли уровня гидростатического равновесия магмы, и, с другой - причиной необходимости периодической магмоподводящей перестройки системы. И в масштабе всей Карымской группы вулканов, и для одного Малого Семячика способами такой перестройки обеспечивающей возможность дальнейшего развития вулканического процесса, оказываются либо образование новых конусов, т.е. латеральная миграция вулканизма, либо процессы, снижающие вулканический рельеф, - взрыв или кальдерообразование. Ясно, что обоими способами достигается одинаковая цель - свободное пространство, новая аккумулятивная емкость для вулканических процессов, а вулканический процесс в целом неизбежно приобретает пульсационно-циклический характер.

Тефрохронологическим методом циклический режим вулканизма устанавливается с документальной объективностью. Синхронизация и совместный анализ выделенных циклов активности с основными преобразованиями вещества, структуры и морфологии постройки в ходе ее формирования показывают, что цикличность вулканизма представляет закономерный результат взаимодействия собственно магматизма и изменяющихся факторов проницаемости; среди последних ведущая роль принадлежит предельности высоты вулканических конусов. Циклические вариации основных параметров вулканизма, - кинетики, состава продуктов и строения магмопоцвощающей системы имеют общую направленность к поддержанию вулканического процесса и обеспечению возможностей его дальнейшего развития.

ЛИТЕРАТУРА

- Гейтнер А.Р. О минеральном составе позднекайнозойских отложений Камчатки, обусловленном влиянием вулканизма. - Литология и полезные ископаемые, 1972, № 1.
- Гущенко И.И. Пеплы Северной Камчатки и условия их образования. М., "Наука", 1965.
- Мелекеецев И.В., Краевая Т.С., Врайцева О.А. Почвенно-пирокластический чехол и его значение для тефрохронологии на Камчатке, - В сб. - Вулканические фации Камчатки. М., "Наука", 1969.
- Селягин О.Б. Карымская группа вулканов. Вулканы Карымской и Малый Семячик. - В сб.: Вулканы и геотермальные системы Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1974.
- Селягин О.Б. Эволюция кальдерного комплекса, ритмичность и направленность вулканического процесса в Карымской группе вулканов. - В сб.: Вулканизм и геодинамика. М., "Наука", 1977.
- Фаворская Ы.А., Волчанская И.К., Фрих-Хар Д.И., Баскина В.А., Дудыжина А.С. Магматизм юго-восточной Камчатки и его связи с процессами тектонической активизации. М., "Наука", 1965.
- Nakamura K. Volcano-stratigraphic study of Oschima volcano, Izu. - Bull. Earthquake Res.Inst. Univ. Tokyo, 1964, v. 42, N 4.