

• •,

• •,

• •

( )

. 1991. № 2. . 3-12

извержений в прошлом не было, но их нельзя исключить в будущем. В связи с этим катастрофические извержения вулкана Авачинский и их последствия могли бы послужить в грубом приближении моделями такого рода извержений вулкана Корякский, так как оба эти вулкана имели и имеют много сходных черт: приурочены к единой тектонической структуре, близки по возрасту и составу пород, в позднем плейстоцене отличались почти одной и той же морфологией, абсолютной высотой и т.д.

Начиная с 1960-х годов совместными усилиями сотрудников Института вулканологии и Геологического института АН СССР в районе Авачинской группы вулканов было получено несколько десятков  $^{14}\text{C}$ -датировок органических остатков, позволяющих сейчас оценить возраст подавляющего большинства крупнейших ( $\geq 1 \times 10^9$  т) извержений вулкана Авачинский за последние 10 тыс. лет, а также самых мощных его извержений в позднем плейстоцене. Наиболее часто материал для датирования был представлен погребенными почвами в почвенно-пирокластических чехлах, обугленной древесиной и древесным углем из отложений пирокластических потоков, торфом — над и под пепловыми горизонтами. Методика их датирования подробно освещена в работах [3—5 и др.].

В настоящей статье в одном случае датирование проводилось по экстрагированной рассеянной органике из образца, имеющего большой объем алеврито-псаммитовых осадков, подстилающих мощную толщу отложений катастрофического направленного взрыва вулкана Авачинский. Данный образец включал также обломочки пород с размерностью гравия (преимущественно белой, розовато- и кремово-белой очень хрупкой волокнистой пемзы). Предварительная подготовка образца к радиоуглеродному датированию включала тщательный осмотр образца с отбором видимых загрязнений (небольших корешков, остатков насекомых, кусочков раковин). Затем образец был промыт дистиллированной водой через сито с целью удаления крупного песка и обломочков пород. Так как заметных признаков гумусообразования в образце не наблюдалось, при последующей обработке в основу была положена схема Х. Шарпенсила [19] обогащения образца углеродом. Для этого порция образца весом примерно 2 кг перемешивалась в дистиллированной воде слабокислой реакции (для более быстрого оседания "тонкого" материала), которая затем сливалась. При таком способе визуально не замеченные органические включения удалялись вместе с водой. Операция повторялась несколько раз для более полной очистки образца. Затем алевритовая фракция с тонкой гумусированной корочкой отделялась и шла на обычную кислотно-щелочную обработку для получения требуемой суммы гумусовых веществ. Всего было отобрано около 200 кг образца и из него получено для  $^{14}\text{C}$ -датирования 24 г сухого препарата гуминовых кислот. В другом случае датирование осуществлялось по погребенной почве согласно традиционно применяемой нами методике.

Геолого-геоморфологические схемы Авачинской группы вулканов неоднократно публиковались ранее [8—11, 14], а подробная характеристика пород вулкана Авачинский приведена в работах [8, 9, 12]. Поэтому нет необходимости останавливаться на этих вопросах еще раз.

Первая публикация о древнем катастрофическом извержении вулкана Авачинский принадлежит С.Е. Апрелькову [1], который писал, что связанные с этим извержением мощные (до 200 м) лахаровые отложения слагают обширную пологохолмистую равнину у южного подножия вулкана. По его предположению, катастрофа произошла до верхнечетвертичного оледенения.

И.В. Мелекесцев [14] показал, что толща, слагающая эту холмистую равнину, по комплексу признаков имеет взрывной генезис и ассоциируется с катастрофическим направленным взрывом вулкана Авачинский в позднем плейстоцене. По данным проведенной реконструкции, первичная площадь распространения взрывных отложений составляла  $\sim 400$  км<sup>2</sup>, а их объем был равен 16—20 км<sup>3</sup>, т.е. на порядок больше, чем у известных извержений вулканов Безымянный в 1956 г. и Шивелуч в 1964 г.

Ю.П. Масуренков [13], не отрицая взрывного происхождения рассматриваемой толщи, относит ее к ниже-среднечетвертичному времени и связывает с предполагаемым вулканом Монастырь того же возраста.

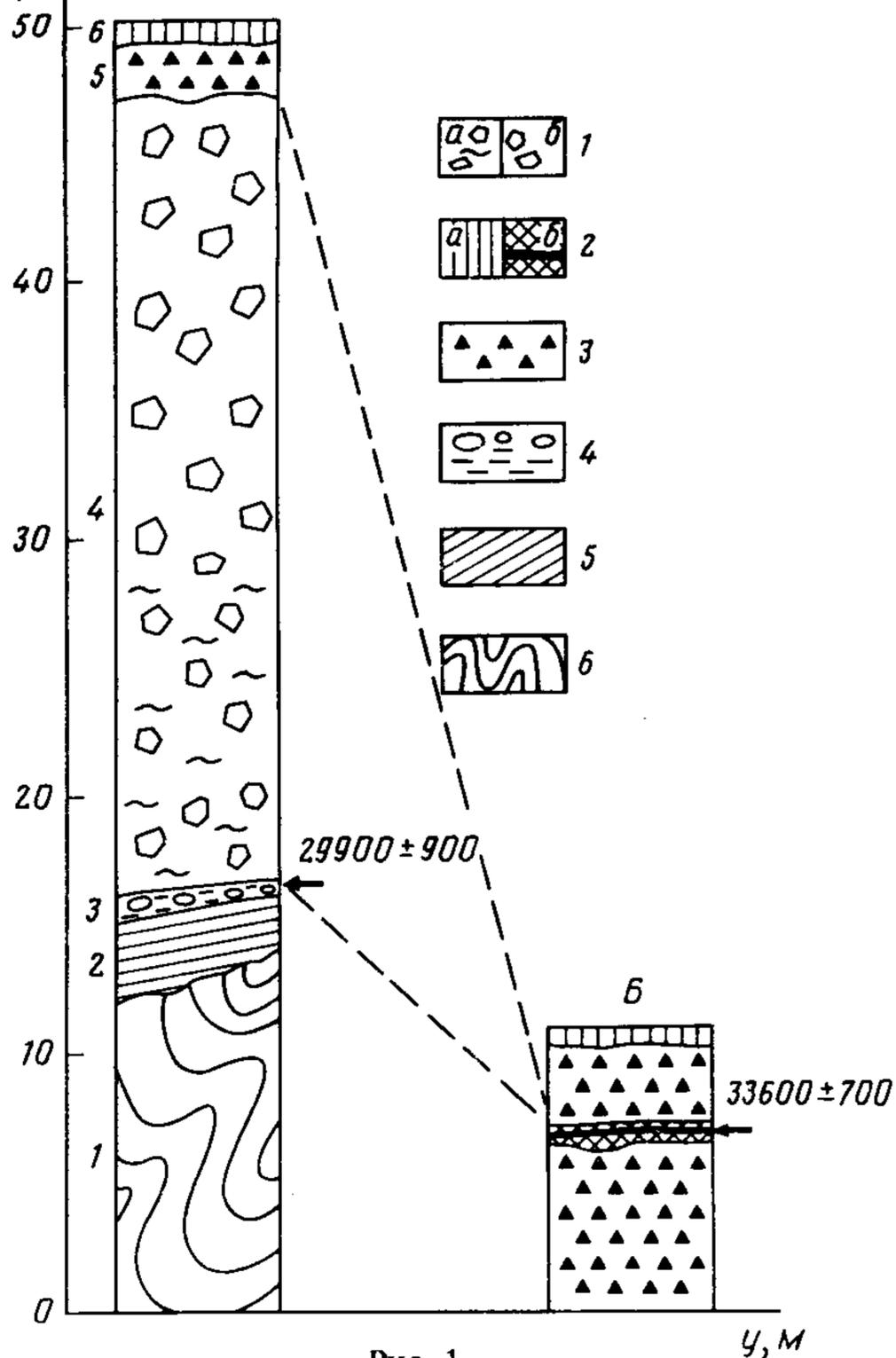


Рис. 1

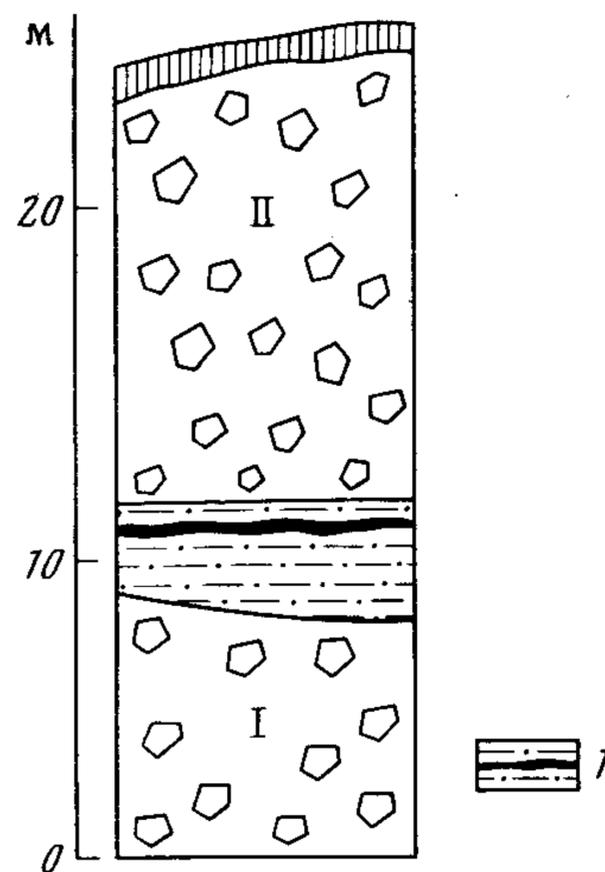


Рис. 2

Рис. 1. Схемы строения береговых обрывов южного побережья бухты Авачинская. 1 – грубообломочные отложения направленного взрыва (а – преимущественно из измененных пород, б – преимущественно из свежих пород); 2 – почвенно-пирокластический чехол (а – голоценовый, б – верхнеплейстоценовый, погребенный, с горизонтом пемзовой тефры); 3 – делювиальные отложения; 4 – прибрежноморские (?) отложения; 5 – озерно-пролювиальные (лагунно-пролювиальные?) алевропелиты; 6 – дислоцированные кремнистые породы ирунейской серии (верхний мел). Цифры слева от колонки (разрез А) отвечают номерам горизонтов в тексте. Стрелками показано местоположение датированных  $^{14}\text{C}$ -методом образцов, цифры – возраст в годах

Рис. 2. Схема строения разрезов взрывных отложений в дорожной выемке шоссе Петропавловск-Камчатский – Елизово. 1 – линза озерных отложений с горизонтом пемзовой тефры. Римскими цифрами I и II обозначены отложения первого и второго направленных взрывов вулкана Авачинский. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

В 1986–1987 гг. авторы настоящей статьи отобрали на радиоуглеродное датирование образцы, которые впервые позволили сравнительно точно определить нижний возрастной предел отложений направленного взрыва на северном берегу Авачинской бухты. Образец ГИН-5563 был взят непосредственно из-под подошвы взрывных отложений на высоте 14,5–15 м над уровнем моря, в береговом обрыве высотой около 50 м (рис. 1, А). Образец ГИН-5305 – погребенная почва в средней части 11-метрового берегового обрыва в 2 км к востоку от предыдущей точки (рис. 1, Б).

В первом случае наблюдается следующее строение отложений (снизу вверх от уровня моря).

1. Дислоцированные кремнистые породы ирунейской серии (верхний мел) – 12–14 м.

2. Линза горизонтально-слоистых алевритопелитов серого и кремово-серого цвета, отдельные горизонты которых содержат щебень и гальку пород ирунейской серии. Это озерно-пролювиальные (лагунно-пролювиальные?) отложения. Мощность — до 2,5–3 м. На подстилающих породах они залегают с резким размывом.

3. Горизонт алеврито-псаммитового материала темно-серого и зеленовато-серого цвета, обогащенного близ кровли большим количеством разноразмерной гальки и валунов кремнистых пород, палеотипных эффузивов основного и среднего состава, серых гранодиоритов, а также гравием и мелкой галькой белой, розовато- и кремово-белой очень хрупкой волокнистой пемзы с шелковистым блеском. По всему горизонту имеются неправильные пятна и деформированные прослои белого алевропелитового пепла. Мощность горизонта 0,5–1 м. С подстилающим слоем он связан постепенным переходом. Образец для  $^{14}\text{C}$ -датирования взят из верхней части горизонта мощностью 20–30 см. Полученная дата составляет  $29\,900 \pm 900$  лет назад (ГИН-5563).

4. Толща взрывных отложений, имеющая двучленное строение. В основании — 10–15 м грубообломочных несортированных отложений желтого цвета, цвет которых определяется преобладанием в заполнителе измененных пород. У самой подошвы — линзы и пятна, прокрашенные марганцовистыми окислами темно-коричневого, иногда почти черного цвета. Верхняя часть толщи 20–25 м пестроокрашенная: наблюдаются линзы и пятна неправильной формы сиреневато-серого, розоватого, зеленоватого цвета. Обломочный материал и заполнитель имеют свежий облик, преобладают пористые и массивные разновидности серых, темно-серых, красноватых пироксеновых андезитов и андезитобазальтов. Встречаются блоки лав до 3–5 м в поперечнике.

5. Пачка делювиальных отложений — 2–3 м.

6. Голоценовый почвенно-пирокластический чехол — 0,7–1 м.

Строение берегового обрыва во второй точке показано на рис. 1, Б. В основании обрыва до высоты 5–6 м над уровнем моря обнажается грубообломочная толща — отложения делювиального шлейфа подножия горы Мишенная. Обломочный материал представлен преимущественно светло-серыми и розовато-светло-серыми роговообманковыми андезитами экструзии горы Мишенная. Размер отдельных блоков этих пород — до 2–3 м в поперечнике. Имеются также редкие обломки кремнистых пород ирунейской серии. Делювиальные отложения облекаются погребенным почвенно-пирокластическим чехлом мощностью 0,55–0,70 м. В 8–10 см выше подошвы чехла — почти черный гумусированный горизонт мощностью 3–7 см (его датировка  $33\,600 + 700$  лет назад, ГИН-5305), подстилающий пачку (30–40 см) стратифицированной пемзой тефры дацитового состава.

Выше — снова пачка делювиальных отложений мощностью 3,5–4 м. В отличие от нижнего слоя обломочный материал здесь более разнообразный: наряду с породами горы Мишенная и ирунейской серии имеются пироксеновые андезиты и андезитобазальты, характерные для толщи взрывных отложений предыдущего разреза. Это свидетельствует о том, что погребенный почвенно-пирокластический чехол несколько древнее взрывных отложений разреза на рис. 1, А.

Венчает разрез голоценовый почвенно-пирокластический чехол мощностью 0,7–0,8 м.

Таким образом, обе полученные даты ( $29\,900 + 300$  и  $33\,600 + 700$  лет назад) указывают, что взрывные отложения, обнажающиеся в береговых обрывах бухты Авачинская, имеют возраст не древнее 30–34 тыс. лет. Поэтому их ранне- и среднечетвертичный возраст исключен.

В дорожной выемке в районе 19-го км объездного шоссе Петропавловск-Камчатский — Елизово видно, что взрывные отложения, слагающие рассматриваемую возвышенность, представлены двумя порциями, разделенными линзами озерных осадков, длиной около 100 м и мощностью в центральной части до 3–4 м (рис. 2). Мощность верхней порции взрывных отложений — не менее 15 м, нижней (видимая мощность) — до 8–10 м. Обе порции имеют одинаковый состав и облик обломков и, несомненно, связаны с единым эруптивным центром — вулканом Авачинский.

Точно определить длительность временного промежутка между формированием

**Состав позднелайстоценовой тефры в районе  
г. Петропавловск-Камчатский**

Окислы	1	2
SiO <sub>2</sub>	59,12 (62, 53)	53,32 (56,87)
TiO <sub>2</sub>	1,09 (1, 15)	1,31 (1, 40)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,18 (18,17)	17,16 (18,30)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,01 (2,13)	4,52 (4,82)
FeO	3,56 (3,77)	3,74 (3,99)
MnO	0,14 (0,15)	0,19 (0,20)
MgO	1,05 (1,11)	2,38 (2,54)
CaO	3,05 (3,23)	4,96 (5,29)
Na <sub>2</sub> O	4,00 (4,23)	3,56 (3,80)
K <sub>2</sub> O	3,02 (3,19)	2,20 (2,35)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,32 (0,34)	0,41 (0,44)
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1,70	0,92
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,21	5,47
Σ	100,45	100,14

*Примечание.* 1 – тефра в береговом обрыве бухты Авачинская; 2 – тефра из линзы озерных отложений в дорожной выемке на 19-м км шоссе Петропавловск-Камчатский – Елизово. Оба анализа пересчитаны на безводный остаток (в скобках). Анализы выполнены в ЦХЛ Института вулканологии ДВО АН СССР; аналитики: Г.П. Новоселецкая, Н.А. Соловьева.

первой и второй порций взрывных отложений пока не представляется возможным. В линзе озерных осадков, разделяющей порции, имеется более 20 горизонтов тефры разного состава и крупности, указывающих на весьма интенсивную в то время вулканическую активность. Мощность горизонтов тефры колеблется от 1 до 25 см. Если судить по разрезам голоценовых почвенно-пирокластических чехлов южного подножия Авачинской группы вулканов, то такое количество горизонтов тефры могло накопиться за 5–10 тыс. лет при сходных темпах эксплозивной вулканической активности в этом районе. Однако подобное допущение слишком произвольно, поскольку интенсивность вулканической деятельности могла резко меняться во времени.

Интересно, что в линзе озерных отложений в 0,5 м ниже ее кровли имеется горизонт пемзовой тефры мощностью 25 см, который по крупности (грубозернистый песок с гравием и лапилли) материала и внешнему облику пемзы очень напоминает датированный горизонт тефры на берегу Авачинской бухты (см. рис. 1, Б). Повышенное содержание в них K<sub>2</sub>O (таблица) указывает на то, что горизонты тефры обоих разрезов не связаны с молодыми вулканами Авачинской группы (Корякским, Авачинским, Козельским), для которых характерны низкокалийевые и нормальные по щелочности породы, а близки к субщелочным породам вулкана Горелый [7, 16]. Значительные мощность и крупность материала на таком расстоянии (75–80 км по прямой) от эруптивного центра, вероятнее всего, свидетельствуют об их отношении к образованию кальдеры Горелая, в которой расположен вулкан Горелый.

Если в рассмотренных разрезах действительно встречен один и тот же горизонт тефры, то его датировка (около 33 тыс. лет) служит здесь, с одной стороны, нижней возрастной границей для верхней порции взрывных отложений, а с другой – верхней возрастной границей для нижней порции. Поэтому следует предполагать, что взрывные отложения, обнажающиеся по северному берегу бухты Авачинская, и верхняя порция взрывных отложений в разрезе по объездному шоссе имеют одинаковый возраст 29–30 тыс. лет. Нижнюю порцию взрывных отложений можно пока условно датировать 35–40 тыс. лет.

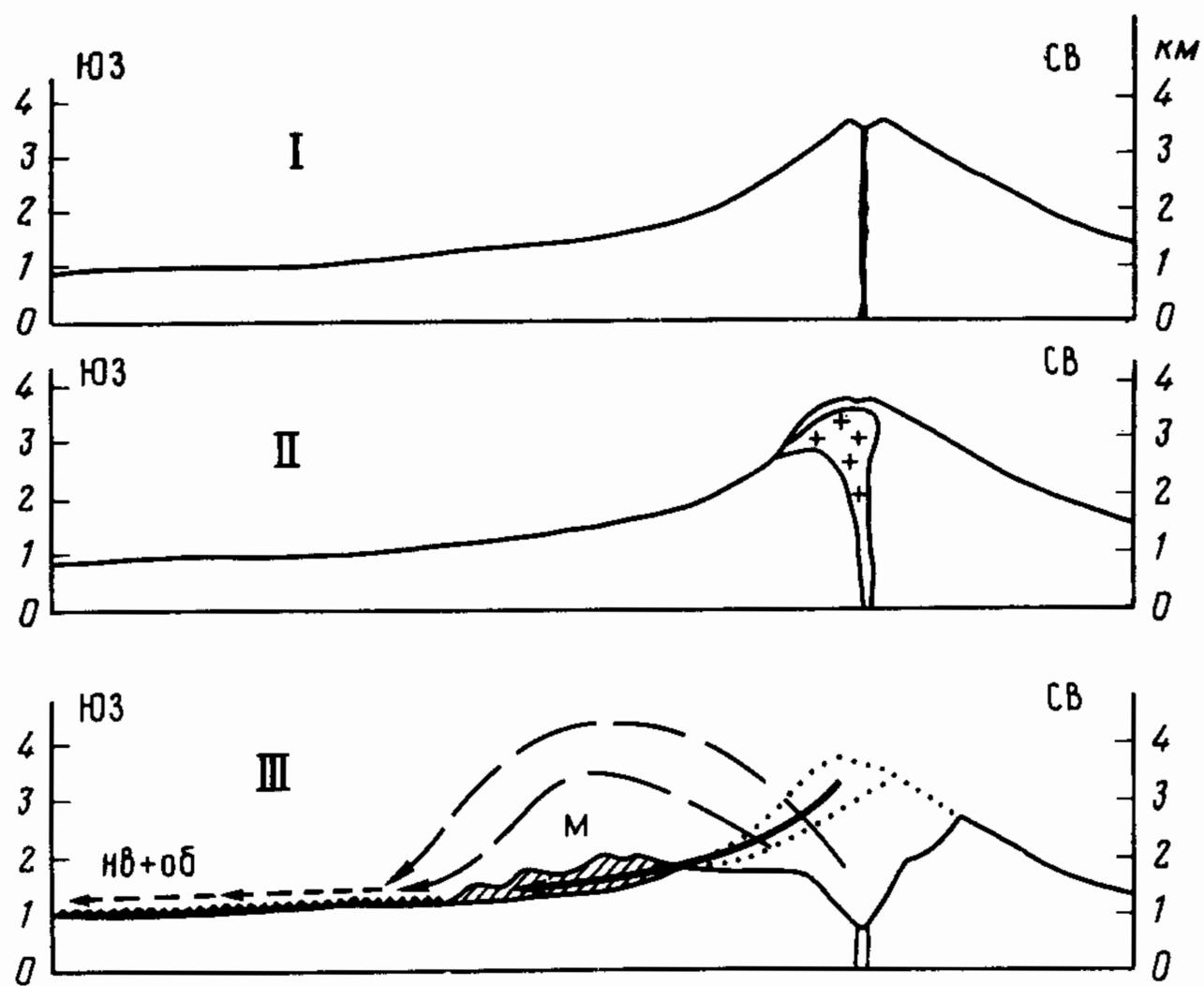


Рис. 3. Предполагаемая схема развития событий до и во время катастрофического направленного взрыва вулкана Авачинский: I — задолго до взрыва; II — во время внедрения вязкой магмы в тело конуса вулкана; III — в фазу взрыва. НВ + ОБ — холмистый рельеф, сложенный взрывными и обвальными толщами. М — массив горы Монастырь (заштрихован). Точечным пунктиром показано предполагаемое первоначальное местонахождение сползшего блока, стрелками — направление перемещения материала разного генезиса

Следует отметить, что полученные даты позволяют определить не только возраст катастрофических направленных взрывов вулкана Авачинский, но и установить время образования кальдеры Горелая — одной из крупнейших на Камчатке.

Что касается массива горы Монастырь с обратным (под вулканом Авачинский) падением пластов лав и агломератов [8, 9], то его строение и аномальное падение пластов логичнее объяснить горизонтальным перемещением в юго-западном направлении крупного блока пород — части конуса вулкана Пра-Авачинский по время последнего позднеплейстоценового катастрофического извержения, чем считать этот массив остатком самостоятельного вулкана ранне-среднечетвертичного возраста [13]. Предполагаемая схема такого перемещения показана на рис. 3.

Принципиальный механизм бывшего при этом извержения можно представить следующим образом.

1. Внедрение в постройку вулкана достаточно большого объема вязкой магмы, как это было, например, при извержении вулкана Сент-Хеленс в мае 1980 г. Прямых указаний на этот счет нет. Однако косвенным подтверждением подобного предположения может служить последующая эруптивная история вулкана Авачинский, в частности массовый выброс андезитовой пироклаستيку и возникновение крупных пирокластических потоков в первой половине голоцена [15].

2. Деформация постройки вулкана, сопровождаемая сильным местным землетрясением, отрыв и перемещение в юго-западном направлении на 3–4 км части конуса вулкана в виде относительно цельного массива синхронны с обвалом большого объема.

3. Катастрофический направленный взрыв, спровоцированный резким падением давления в околожерловой, насыщенной магматическим веществом части вулкана в результате происшедшего обвала.

4. Формирование за счет обвальных и взрывных отложений обширной обломочной лавины.

5. Возникновение на месте разрушенной части конуса гигантского, открытого на юго-запад, обвально-взрывного циркуобразного кратера объемом 7–8 км<sup>3</sup>.

По другому варианту, причиной столь мощных направленных взрывов и обвалов

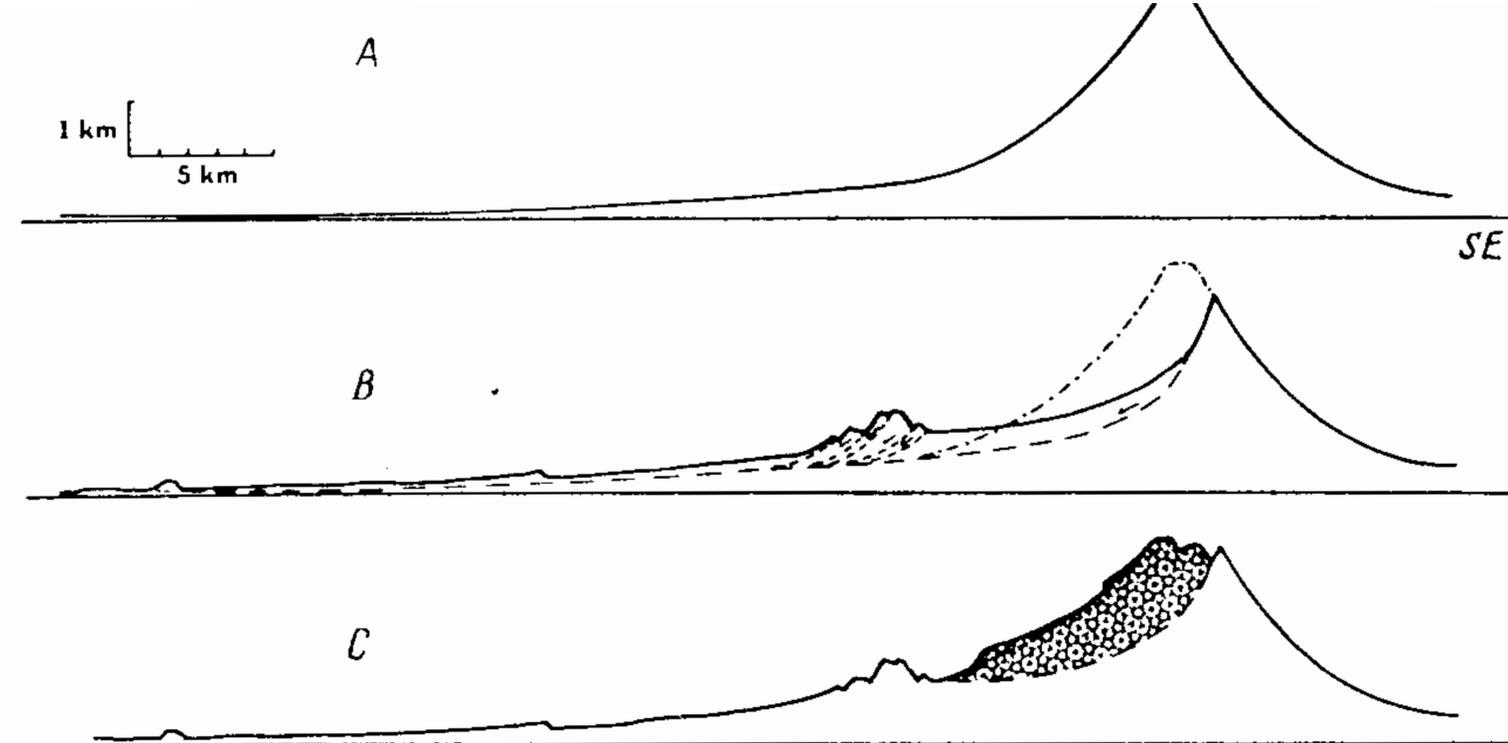


Рис. 4. Принципиальная схема перемещения крупного массива пород на склоне вулкана Сокомпа (север Чили) [18]

могли служить дискретные вертикальные подвижки блокового поднятия под северным склоном вулкана Авачинский, которое, по сейсмическим данным [2], отличается рядом аномальных свойств. Этот блок можно рассматривать в качестве резургентного поднятия (в понимании Р.Л. Смита и Р.А. Бейли [20]).

Следует отметить, что перемещение вниз на несколько километров крупных массивов вулканических построек, по-видимому, не такое уж редкое явление. П. Френсисом и др. [18], например, подобный случай описан для вулкана Сокомпа на севере Чили (рис. 4).

С учетом уничтоженной вершины конуса вулкана Авачинский общий объем материала, удаленного обвалом и взрывом, составил, по данным нашей реконструкции, 9–10 км<sup>3</sup>. Меньшая его часть пришлась на долю массива горы Монастырь: объем его морфологически выраженной части равен в настоящее время около 1 км<sup>3</sup>, а общий объем блока достигал, по-видимому, 1,5–2 км<sup>3</sup>. Большая часть пошла на формирование обширной (300 км<sup>2</sup>) холмистой равнины, сложенной грубообломочными толщами обвала и направленного взрыва. Фронтальная зона распространения этих толщ на юге располагалась в акватории современной Авачинской бухты.

Мощность грубообломочных обвально-взрывных отложений достигает в обрывах северного берега бухты Авачинская 30–40 м, а у Института вулканологии, в 1,5 км к СВ от бухты, по данным бурения, она составляет даже 170 м. По бортам долины нижнего течения р. Крутоберёга их мощность равна 70–80 м. Высота подошвы обвально-взрывных отложений колеблется в широких пределах – от 0 до 100–120 м над уровнем моря. Это связано с тем, что обвально-взрывная толща ложилась на весьма неровный рельеф, а местами непосредственно в воду – морской залив (бухту Пра-Авачинскую), имевший намного большую площадь, чем современная бухта Авачинская.

Основываясь на приведенном материале, можно допустить, что в истории формирования вулкана Авачинский в позднем плейстоцене было по меньшей мере два эпизода значительного разрушения его постройки, связанных с катастрофическими извержениями типа направленного взрыва, происшедшими с интервалом в несколько (?) тысяч лет. Оба раза материал выбрасывался в юго-западном и южном направлениях. Отчасти это было, по-видимому, обусловлено максимальным перепадом относительных высот (от вершины вулкана до примыкающих равнин подножий) в данном направлении – до 3500–4000 м на расстоянии всего около 15 км, а кроме того, – преобладавшей в плейстоцене тенденцией к интенсивному прогибанию юго-восточного и южного секторов подножия вулкана Авачинский. Здесь по результатам буровых работ ПГО "Камчатгеология" и геофизических исследований установлена очень большая (500–1000 м) мощность вулканогенно-осадочных отложений плейстоценового возраста.

Не исключено, что в ходе извержения в достаточно больших количествах выбрасы-

валась и ювенильная пирокластика, как это наблюдалось при однотипных, хотя и меньших по силе, исторических извержениях вулканов Шивелуч в 1954 и 1964 гг., Безымянный в 1956 г., Сент-Хеленс в 1980 г. и др. Однако пока ни тефры, ни пирокластических потоков рассматриваемых извержений не обнаружено.

Обращает внимание, что оба катастрофических взрыва вулкана Авачинский приходятся на время, отвечающее мощному пароксизму эксплозивного вулканизма на Камчатке 30–45 тыс. лет назад, когда происходили массовые выбросы пирокластики кислото-го состава, образовалось большинство морфологически выраженных кальдер типа Кракатау и наблюдалась резкая региональная интенсификация тектонических движений. Поэтому столь крупные извержения вряд ли являются случайными событиями в жизни вулкана Авачинский. Вполне вероятно, что они тоже были специфической формой проявления эксплозивного вулканизма — этого пароксизма в Авачинской группе вулканов. Геолого-геоморфологические предпосылки, имевшие место на вулкане Авачинский в позднем плейстоцене, когда там происходили катастрофические направленные взрывы, отчасти существуют в настоящее время на расположенном рядом с ним действующем вулкане Корякский. Это самый высокий (3456) вулкан Авачинской группы, отличающийся также и максимальным здесь перепадом высот (3300–3400 м) на расстоянии 17–18 км. Крутизна склонов конуса вулкана в верхней части достигает 30–40°.

В течение последних 4 тыс. лет, по данным наших тефрохронологических исследований, на вулкане Корякский не было сильных извержений. Разгрузка накопленной энергии вулкана осуществлялась преимущественно слабыми и умеренными по силе фреатомагматическими и фреатическими извержениями, а в межэруптивных этапах — фумаролами. Последние такие извержения наблюдались в 1895–1896 и 1956–1957 гг. [6, 12]. Поэтому не исключено, что под вулканом и в самой его постройке, объем которой составляет сейчас около 120 км<sup>3</sup>, могло быть аккумулировано значительное количество сильно нагретого магматического вещества. Косвенным подтверждением такого предположения в какой-то мере служит высокий вынос тепла — около  $2 \times 10^7$  кал/с [17] из длительно существующей трещины (1,5 км) на северо-западном склоне привершинной части конуса вулкана Корякский.

Наиболее вероятно, что деформация и разрушение постройки этого вулкана, сопровождаемые мощным направленным взрывом, могут быть лишь при быстром внедрении в тело вулкана или под его основание большого объема магмы. Подобное внедрение, несомненно, должно привести к резкой активизации местной сейсмичности и росту деформации земной поверхности как в пределах самой вулканической постройки, так и на прилегающих участках. Предполагается [14], в частности, что сравнительно небольшая деформация привершинной части вулкана уже имела место после извержения 1957 г.

Если в какой-либо момент условия для возникновения такого катастрофического извержения будут реализованы, то главный выброс материала произойдет, как и у вулкана Авачинский, в юго-западном и южном направлениях. При этом наиболее опасный сектор будет простирается от долины р. Сухая Елизовская до подножия экстрезивного массива на правом берегу р. Железная. В зависимости от силы извержения ареал распространения мощной толщи обвально-взрывных отложений составит 100–400 км<sup>2</sup>, а край этого поля может быть удален от эруптивного центра на расстояние до 25–30 км.

В свете изложенного представляется целесообразным в ближайшее время провести на вулкане Корякский, как потенциально опасном, комплекс специальных вулкано-логических, геофизических, геохимических исследований и завершить его геологическое картирование, чтобы получить максимально детальное представление об истории его эруптивной активности, эволюции вещества, строении фундамента и самой вулканической постройки для определения современной тенденции его развития и оценки возможности в будущем катастрофического извержения. Необходимо также параллельно с этими исследованиями организовать постоянный мониторинг вулкана.

Возможны ли в будущем подобные катастрофические извержения на самом вулкане

Авачинский! В работе [15] показано, что в ближайшие десятилетия и столетия этого скорее всего не случится. Но после периода относительного покоя, который может продлиться несколько сотен лет, вероятность сильного извержения не исключается. Однако по своим масштабам и катастрофичности оно вряд ли достигнет уровня рассматриваемых позднеплейстоценовых извержений.

Дело в том, что при сохранении современной продуктивности ( $1,2 \times 10^6$  т/год) для подготовки столь мощных извержений необходимы тысячи лет. Если исходить из анализа эруптивной активности вулкана Авачинский за последние 3—4 тыс. лет, то такую большую длительность периодов относительного покоя трудно допустить. Кроме того, даже при максимальном разрушении современного действующего конуса объем резургентного материала не превысит  $2-3 \text{ км}^3$ , так как вулкан Авачинский сейчас на 700—800 м ниже, чем в позднем плейстоцене.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апрелков С.Е.* О древнем извержении Авачинского вулкана и изменении русла р. Авачи // Вопросы географии Камчатки. Вып. 2. Петропавловск-Камчатский, 1964. С. 108—109.
2. *Балеста С.Т., Гонтовая Л.И., Каргопольцев А.А. и др.* Сейсмическая модель Авачинского вулкана (по данным КМПВ — ГСЗ) // Вулканология и сейсмология. 1988. № 2. С. 43—55.
3. *Брайцева О.А., Егорова И.А., Несмачный И.А. и др.* Тефрохронологические исследования как метод изучения закономерностей циклического развития вулкана // Бюл. вулканол. станций. 1978. № 54. С. 41—54.
4. *Брайцева О.А., Мелекесцев И.А., Пономарева В.В.* Возрастное расчленение голоценовых вулканических образований Толбачинского дола // Геологические и геофизические данные о Большом трещинном Толбачинском извержении 1975—1976 гг. М.: Наука, 1978. С. 64—72.
5. *Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Литасова С.Н. и др.* Радиоуглеродные даты отложений почвенно-пирокластических чехлов Ключевской группы вулканов // Вулканология и сейсмология. 1984. № 2. С. 110—116.
6. *Влодавец В.И., Пийп Б.И.* Каталог действующих вулканов Камчатки // Бюл. вулканол. станций. 1957. № 25. С. 5—95.
7. *Волынец О.Н., Пополитов Э.И., Патока М.Г. и др.* Геохимия позднеплиоценчетвертичных субщелочных и щелочных лав Курило-Камчаткой островной дуги // Геохимия магматических пород океана и зон сочленения океан — континент. Новосибирск: Наука, 1984. 390 с.
8. *Заварицкий А.Н.* Вулкан Авача на Камчатке и его состояние летом 1931 г. // Тр. ЦНИГРИ. Вып. 35. М.; Л., 1935. 36 с.
9. *Заварицкий А.Н.* Вулкан Авача на Камчатке. М.: Наука, 1977. 308 с.
10. Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. 432 с.
11. *Краевая Т.С.* Генетические типы грубообломочных отложений стратовулканов. М.: Недра, 1977. 128 с.
12. *Маренина Т.Ю., Сирин А.Н., Тимербаева К.М.* Корякский вулкан на Камчатке // Тр. Лаб. вулканол. 1962. Вып. 22. С. 57—130.
13. *Масуренков Ю.П., Егорова И.А., Пузанков М.Ю.* Авачинская группа вулканов // Активные вулканы и гидротермальные системы Камчатки: Путеводитель научных экскурсий. Петропавловск-Камчатский, 1985. С. 107—134.
14. *Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Краевая Т.С.* Рельеф и отложения молодых вулканических районов Камчатки. М.: Наука, 1970. 104 с.
15. *Мелекесцев И.В., Кирьянов В.Ю.* Когда будет извергаться вулкан Авача на Камчатке? // Вулканология и сейсмология. 1984. № 6. С. 107—111.
16. Петрохимия кайнозойской Курило-Камчатской вулканической провинции. М.: Наука, 1966. 279 с.
17. *Таран Ю.А.* Фумарольная активность Корякского вулкана в 1983 г. // Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 82—85.
18. *Francis P.W., Gardeweg M., Ramirez C.P., Rothery D.A.* Catastrophic debris avalanche deposit of Socoma volcano, Northern Chile // Geology. V. 13. 1985. P. 600—603.
19. *Scharpenseel H.W.* Radiocarbon dating of soils problems, troubles, hopes // Paleopedology: Origin, nature and dating of paleosoils. Jerusalem, 1971. P. 77—80.
20. *Smith R.B., Balley R.A.* Resurgent Cauldrons // The Geological Society of America. Memoir 116. 1968. P. 613—662.