

УДК 551.21 + 551.24

© 1994 г. МЕЛЕКЕСЦЕВ И. В., БРАЙЦЕВА О. А., ДВИГАЛО В. Н.,
БАЗАНОВА Л. И.ИСТОРИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА
НА КАМЧАТКЕ(попытка современной интерпретации и классификации
для долгосрочного прогноза типа и параметров
будущих извержений). Ч. II (1926—1991 гг.)

Суммированы и дополнены за счет полученных авторами новых материалов данные прежних исследователей об извержениях 1926—1927, 1938 и 1945 гг., дано описание последнего извержения вулкана в январе 1991 г. Рассмотрена динамика эруптивной активности вулкана Авачинский в 1737—1991 гг., предложена классификация этих извержений. Дан прогноз типа и параметров будущего извержения вулкана, оценена связанная с ним вулканическая опасность. Рекомендовано запретить строительство населенных пунктов и хозяйственных объектов в юго-западном и южном секторах подножия вулкана Авачинский из-за высокой вулканической опасности.

HISTORIC ERUPTIONS OF THE AVACHINSKY VOLCANO IN KAMCHATKA (AN ATTEMPT OF MODERN INTERPRETATION AND CLASSIFICATION FOR LONG-TERM FORECAST OF THE TYPE AND PARAMETERS OF FUTURE ERUPTIONS). PART II (1926—1991), by Melekestsev I. V. *, Braitseva O. A. *, Dvigalo V. N. ** and Bazanova L. I. * We have summed up and supplemented new data on the eruptions of 1926—1927, 1938 and 1945 plus added the description of the last eruption of the volcano in January 1991. Considering the dynamics of the eruptive activity of the Avachinsky volcano in 1737—1991 we have presented a classification for these eruptions. Also we made a forecast of the type and parameters of possible future eruption as well as estimated the volcanic hazard associated with it. Because of high degree of volcanic hazard in the SW and S sectors of the base of the volcano it is proposed to prohibit constructions of any kind in these areas.

(Received April 8, 1993)

* *Institute of Volcanic Geology and Geochemistry, Far East Div. Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia*

** *Institute of Volcanology, Far East Div., Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia*

Описание исторических извержений вулкана Авачинский, происшедших в период 1737—1909 гг., дано в ч. I данной работы [7]. Ход и последствия остальных извержений Авачинского вулкана в 1926—1927, 1938, 1945 и особенно в 1991 гг. изучены намного полнее.

Извержение 1926—1927 гг. Хронология и последствия извержения 1926—1927 гг. подробно изложены в работах [11, 12, 17]. Извержение предварялось землетрясением 25 марта 1926 г., которое ощущалось в г. Петропавловске-Камчатском силой 4—5 баллов по шкале Росси — Фореля. Вслед за землетрясением вечером 25 марта усилилась фумарольная деятельность, 26 марта она стала еще интен-

сивнее, 27 марта начались выбросы пирокластики, вблизи вулкана выпал пепел. Высота эруптивных туч достигла 5—7 км. С 20 до 23 ч 28 марта произошли семь взрывов, с которыми были связаны две зоны пеплопадов: юго-юго-западная и более мощная — юго-восточная. Эруптивное облако поднялось при этом на высоту 10—12 км. Пепел выпал в г. Петропавловске-Камчатском (30 км к Ю-ЮЗ от кратера Авачинского вулкана и на протяжении всего Халактырского пляжа, где мощность переотложенного в понижениях пепла была равна, по рассказам охотников, 2—5 пальцам (8—20 см; прим. авторов). П. Т. Новограбленов [11] оценивает объем пепла в юго-восточной зоне пеплопада в 18 млн. м³. По данным авторов, эта оценка завышена в несколько раз, так как в настоящее время мощность линз пепла 1926 г. в почвенно-пирокластическом чехле не превышает 3—5 мм, а чаще он вообще отсутствует. В этой связи более реальным представляется объем ~5—10 млн. м³ и вес (8...15)·10⁶ т.

После 28 марта на склонах Молодого конуса Авачинского вулкана были видны многочисленные чужие потоки изверженного материала и, по наблюдениям 29 марта — 2 апреля [11, 12], они уже не дымились, хотя через 38 ч после извержения температура на поверхности крупных бомб еще была 70° С. Наиболее протяженный из потоков в верховьях р. Сухая Халактырская имел длину 3,3 км при минимальной ширине 100 м, мощность его отложений составляла не более 1 м, а объем ~330 тыс. м³. Потоков такого размера насчитывалось девять, меньших ~18. Судя по приведенному описанию, это были обломочные лавины, в том числе раскаленные, а также небольшие лахары. Доля ювенильных пород была, вероятно, невелика. Суммарный объем потоков П. Т. Новограбленов определяет в 41 млн. м³, вес — в 86 млн. т. По-видимому, эти оценки завышены в 5—10 раз, поскольку даже при сплошном покрытии склонов Молодого конуса чехлом таких отложений при средней мощности в 1 м их объем не будет превышать 7—8 млн. м³, поэтому суммарный объем материала обломочных лавин и лахаров принимается равным 4—5 млн. м³, а вес (8...10)·10⁶ т.

Еще одним следствием извержения 28 марта было прохождение по долине р. Сухая Халактырская потоков талых вод, образовавших 30 марта [12] промоины глубиной 6—8,5 м в 5 км от подножия Молодого конуса.

В 21 ч 1 апреля над кратером Авачинского вулкана было видно красное свечение, а вечером 3 апреля из кратера излилась лава. Длина потока составила 460 м, далее лава разваливалась на красные куски, которые скатывались по склону. Излияние лавы, сопровождаемое мощными взрывами, продолжалось днем 4 апреля.

Кульминационная фаза извержения началась серией взрывов в 2 ч 30 мин ночи 5 апреля и продолжалась 2 ч без перерыва. В 3 ч ночи столб пламени поднимался на 5 тыс. м над кратером. Взрывы сопровождались сильным гулом, сотрясавшим железные крыши зданий в г. Петропавловске-Камчатском в течение нескольких минут. Эруптивную тучу прорезали молнии. На громадной площади начался сильный пеплопад (рис. 1).

С 7 до 9 ч 30 мин 5 апреля в Петропавловске-Камчатском выпало 1 мм пепла. В 9 ч утра пеплопад наблюдался в с. Начики (75 км к З-ЮЗ от кратера Авачинского вулкана), в 16 ч — в с. Апача (120 км к ЮЗ от кратера), рано утром и в 14 ч 20 мин — в с. Кол (200 км к З-СЗ от кратера), днем — в с. Соболево (220 км к СЗ от кратера), утром — в с. Облуковина (300 км к СЗ от кратера), ночью — в с. Козыревск (315 км к ССВ от кратера). В с. Пушино (115 км к ССЗ от Авачинского вулкана) с 6 до 7 ч утра было темно, как ночью, толщина выпавшего слоя пепла составила 3/4 дюйма (1,9 см). Пепел выпал также и на большом удалении от вулкана: в районе с. Хайрюзово (415 км к ССЗ) и с. Тигиль (500 км к С).

Толщина слоя тефры 1926 г. в почвенно-пирокластическом чехле в районе Налычевских терм (25 км к ССЗ от кратера) равна 1,5—2 см. Отложения представлены здесь залегающим сразу под дерниной темно-серым песком, имеющим крупность от средне- до грубозернистого. В 10—12 км к ССЗ от кратера

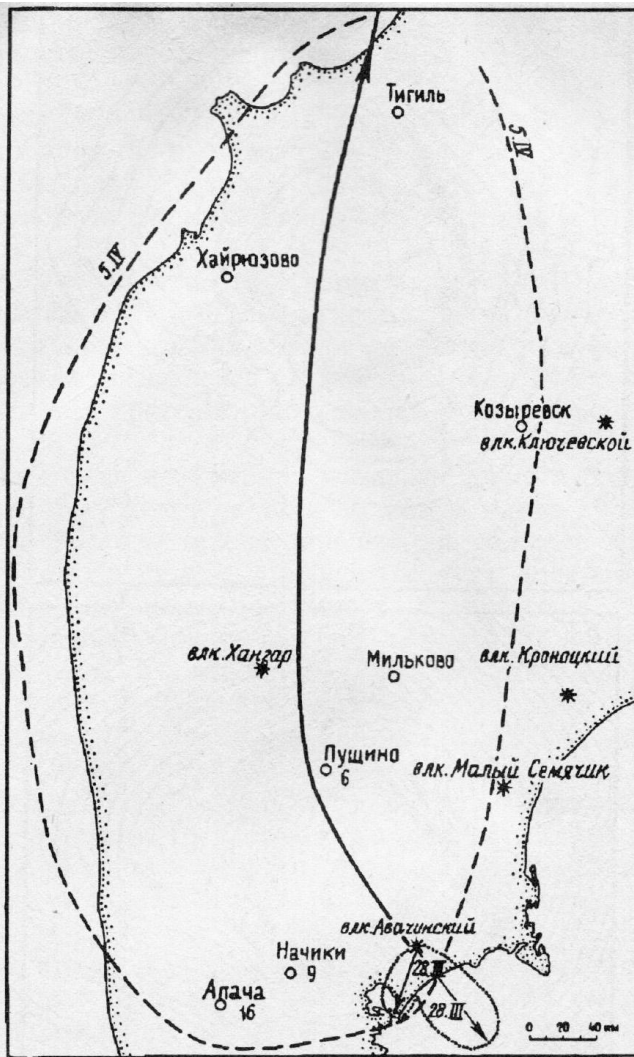


Рис. 1. Зоны пеплопадов извержения в. Авачинский в 1926 г. (28.III и 5.IV). Стрелками показаны ориентировки осей пеплопадов, звездочками обозначены вулканы

мощность тефры возрастает до 10—20 см. Здесь преобладает грубозернистый песок и гравий плотного темно-серого шлака, но есть и редкие лапилли до 5 см в поперечнике. По большей части материал тефры ювенильный.

Площадь реконструированной по всем этим данным зоны пеплопада превышает 150 тыс. км² (рис. 1). Объем тефры 5 апреля оценивается в 0,15—0,20 км³, вес — в $(0,2 \dots 0,25) \cdot 10^9$ т.

Следствием извержения 5 апреля было также прохождение лахаров по долинам р. Сухая Елизовская и ее левых притоков. В результате этого вода в р. Авача в районе с. Елизово приобрела черный цвет, погибло много рыбы. Однако самый мощный и протяженный (~30 км) лахар прошел по р. Сухая Халактырская до океана. В настоящее время в 18 км от кратера Авачинского вулкана отложения лахара залегают на высоте 15—16 м над руслом р. Сухая Халактырская.

Последующие усиления активности Авачинского вулкана в 1926—1927 гг. также были эпизодическими, но значительно более слабыми [12]. Преобладала эксплозивная деятельность, поэтому в окрестностях вулкана и в г. Петропавловске-Камчатском неоднократно наблюдались небольшие пеплопады: летом и осенью в городе выпадал пепел мощностью до 0,5 см. Усиления активности были отмечены 26 ноября, 1—2, 17, 25 декабря 1926 г., 17, 19, 28 января,

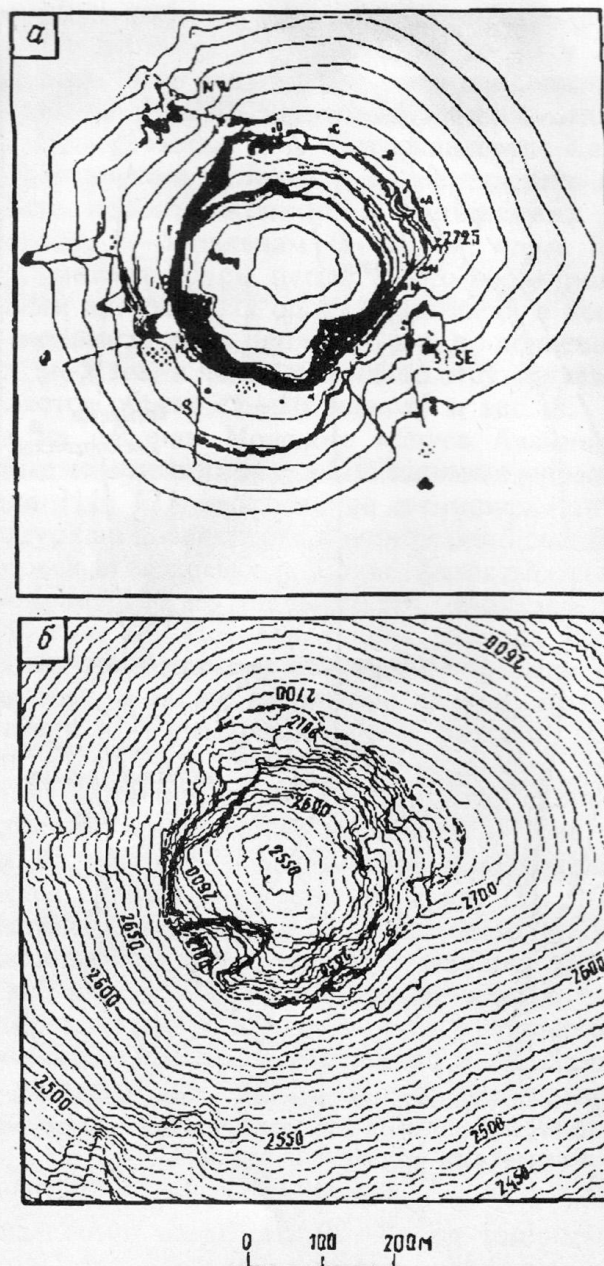


Рис. 2. Морфология и морфометрия кратеров в Авачинский после извержений в 1926—1927 гг. (съемка 1931 г. [4] (а)) и в 1945 г. (съемка 1976 г. (б))

18—24 февраля и 14 марта 1927 г. Незначительные пеплопады в г. Петропавловске-Камчатском происходили 1—2 и 17 декабря 1926 г., 22 и 23 февраля и 14 марта 1927 г.; 24 февраля 1927 г. из кратера Авачинского вулкана выбрасывались бомбы и лапилли, по склонам Молодого конуса сходили раскаленные обломочные лавины.

Извержение 1926—1927 гг. явилось одним из сильнейших в историческое время по объему изверженных продуктов и геолого-геоморфологическому эффекту. По подсчетам авторов, было извергнуто 0,18—0,20 км³ ювенильного (резко преобладающего) и резургентного материала. Главная роль принадлежала пирокластике, лавы занимали подчиненное положение (по максимальным оценкам их было, вероятно, не более 3—4 млн. м³). Вес изверженных продуктов составлял $\sim 0,25 \cdot 10^9$ т (доля ювенильного вещества $\sim 90\%$).

В ходе пароксизмального эпизода извержения 5 апреля была исключительно высока интенсивность выноса вещества: за 2 ч — $(0,20 \dots 0,25) \cdot 10^9$ т, т. е. ~30 тыс. т/с.

После извержения 1926—1927 гг. был сформирован кратер Авачинского вулкана с близкими к современным размерам и морфологией (рис. 2, а); летом 1931 г. его топографический план составил Б. И. Пийп [4]. Кратер имел в плане округло-четырёхугольную форму, поперечник до 400 м и глубину 150 м. Объем кратера ~7 млн. м³.

Извержение 1938 г. Заметное усиление активности, предшествовавшее следующему извержению вулкана Авачинский, началось летом 1937 г., когда 30 июля на дне его кратера был обнаружен провал глубиной 30—40 м [10]. Возникновение провала связывается с землетрясением 19 июля 1937 г.; 30 января и 18 февраля 1938 г. над кратером наблюдалось красное свечение, был выброшен пепел.

Кульминационная фаза извержения началась ровно через 11 лет после окончания предыдущего извержения, в 12 ч 30 мин 6 марта 1938 г. В 20—21 ч над кратером появилось красное зарево, произошли сильные взрывы. Извержение продолжалось ~3,5 ч. На склоне Молодого конуса появились черные лавовые потоки. Один из них был виден в долине р. Камбальная.

Второй, более сильный эпизод начался вечером 28 марта. После 23 ч наблюдалось излияние лавы. В 2 ч ночи 29 марта произошел самый мощный взрыв и в направлении р. Сухая Халактырская излилась лава. Утром 29 марта по долинам рек Камбальной и Сухой Халактырской прошли лахары длиной соответственно 6—7 и ~20 км, тогда же в окрестностях с. Жупаново выпал пепел. Утром 21 апреля пепел со снегом выпал в г. Петропавловске-Камчатском (рис. 3).

Лахар 1938 г. в долине р. Сухая Халактырская был очень мощным. В верховьях долины он двигался единым потоком, а на высоте ~400 м разделился на два рукава — юго-западный и южный. В месте разветвления скорость лахара юго-западного рукава была так велика, что он смог преодолеть здесь уступ высотой более 15 м, уничтожив росший на холмистом моренном рельефе вековой березовый лес. Как и в 1926 г., на расстоянии 18—20 км от кратера вулкана Авачинский при прохождении лахара его уровень был на 15—16 м выше современного дна долины реки.

Последующие эпизоды усиления эруптивной активности были 4 сентября и 27 ноября 1938 г. Следовательно, извержение в целом продолжалось ~8,5 мес.

Б. И. Пийп [13], комментируя последствия извержения 1938 г., пришел к выводу, что данные А. А. Меняйлова [10] об излиянии лавовых потоков во время этого извержения ошибочны. На самом деле все крупные «лавовые потоки» являются раскаленными обломочными агломератовыми потоками. По мнению Б. И. Пийпа, извержение было чисто взрывным. Что касается увиденного и описанного А. А. Меняйловым [10] «лавового потока» в привершинной части Молодого конуса Авачинского вулкана, который, по его наблюдениям, спустился от кромки кратера на 50—70 м и имел мощность 1—2 м, то, вероятнее всего, его природа была агглютинатовой. На это указывает и само строение потока, сложенного обломками пористых андезитов. Есть и еще одно соображение, которое противоречит представлениям об излиянии лав: перед извержением 1938 г. на вершине Авачинского вулкана был кратер большого объема [4], без заполнения которого лавой невозможно было появление лавы на склоне Молодого конуса. Однако следы такого заполнения не обнаружены.

Мощность тефры 1938 г. в 8 км к ВЮВ (аз. 100°) от кратера Авачинского вулкана в верхней части почвенно-пирокластического чехла непосредственно под дерниной равна 2—3 см. Она представлена здесь крупно- и грубозернистым песком с мелким гравием шлака. Состав тефры андезитобазальтовый. В районе Седловинских озер (21 км к СВ от кратера вулкана) в осевой зоне пеплопада мощность тефры (черный от крупно- до грубозернистого песок с примесью белых зерен) составляет от 3 до 5 см. В 12—13 км от кратера мощность тефры

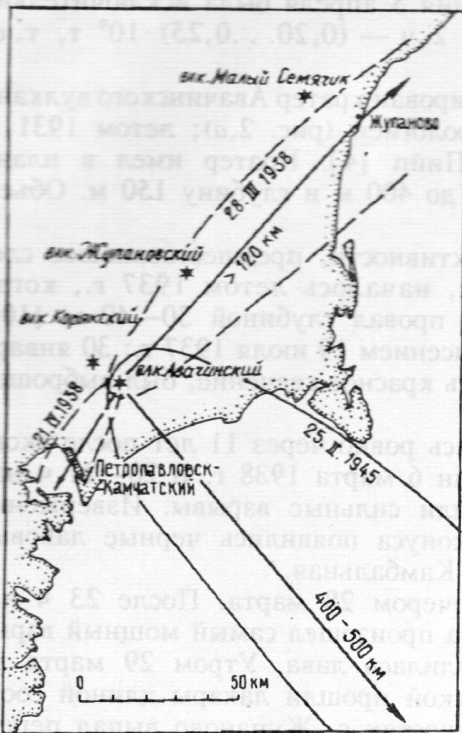


Рис. 3

Рис. 3. Зоны пеплопадов извержений в. Авачинский в 1938 г. (28.III и 21.IV) и в 1945 г. (25.II). Условные обозначения, как на рис. 1

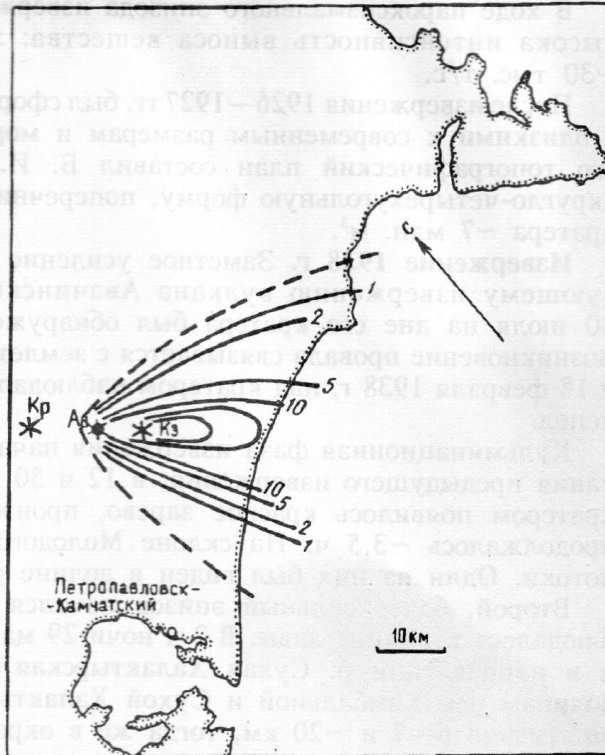


Рис. 4

Рис. 4. Изопахиты (см) тефры извержения в. Авачинский, 25.II 1945 г. Вулканы: Ав — Авачинский, Кр — Корякский, Кз — Козельский

возрастает до 6—7 см, в качестве примеси к песку появляется мелкий гравий темного шлака. Оцененный по карте изопахит суммарный объем тефры 1938 г. равен ~15—20 млн. м³, вес (23...30) · 10⁶ т. Тефра почти вся ювенильная.

На основании имеющихся описаний [10, 13, 14] точно определить объем раскаленных агломератовых потоков не представляется возможным. Можно только предположить, что объем их отложений был достаточно велик, поскольку они вызвали интенсивное таяние снега и льда, дав начало мощному лахару по р. Сухая Халактырская. С учетом площади (2—3 км²), покрытой отложениями агломератовых потоков, и типичной для них средней мощности (~5 м) объем материала таких потоков ориентировочно составляет 10—15 млн. м³, а вес при объемном весе 2 г/см³ — (20...30) · 10⁶ т.

Таким образом, общий объем пирокластики извержения в марте 1938 г. был 25—35 млн. м³, а ее вес — приблизительно (40...60) · 10⁶ т. По этим параметрам рассматриваемое извержение является эксплозивным и средним по силе, хотя и довольно длительным (~8,5 мес).

Извержение 1945 г. Извержение 25 февраля 1945 г. описано Б. И. Пийпом [15] по данным наблюдавших его С. Н. Главацкого, И. И. Лагунова и др. [1]. Наблюдатели отмечали, что оно было чисто эксплозивным, исключительно сильным и очень коротким. Извержение началось внезапно в 14 ч 45 мин единичным взрывом, в результате которого над кратером поднялась темно-серая плотная масса газов и пепла сфероидальной формы. Потом взрывы последовали один за другим. Примерно в 15 ч 30 мин в Петропавловске-Камчатском начали явно

слышаться звуки взрывов. Вскоре гул раскатов стал походить на артиллерийскую канонаду, от которой в городе дребезжали стекла, гудели водопроводные трубы.

Кульминация извержения наступила между 18 и 19 часами. К этому времени эруптивная туча, верхняя кромка которой достигала 10—12 км высоты, протянулась уже на 50—60 км к юго-востоку. Из тучи падал обильный пепел. В 20 км к ЮВ от кратера (в районе автодороги на Козельский шлаковый карьер) максимум пеплопада наблюдался между 16 ч 30 мин и 18 ч; в минуту набиралась полная пригоршня грубого песка и гравия размером до 1 см. Иногда падали и тут же разбивались бомбы вулканического шлака 10—20 см в поперечнике. Здесь выпало ~45 см пепла.

Окончание извержения было между 21 и 22 ч. Следовательно, извержение продолжалось менее 7 ч. Однако его геолого-геоморфологический эффект и экологические последствия были весьма значительными.

После извержения выяснилось, что ось пеплопада имела юго-восточное простирание (аз. 133°). Пепел выпал на расстоянии более 400 км от эруптивного центра: по сообщению моряков, льдины, покрытые темным пеплом, были обнаружены в 150—200 милях от берегов Камчатки. В 10 км к СВ от кратера мощность свежего пепла была 5 см, в 10 км к ЮЗ от кратера, в районе руч. Козельский — 1 см. Объем свежесвыпавшего пепла оценен не менее чем в 0,25 км³ [15].

По данным тефрохронологических исследований тефра извержения 1945 г. выпадала на суше в 90°-ном секторе (рис. 4), ширина зоны пеплопада на побережье Авачинского залива составляла ~50 км. Фактически она была, вероятно, несколько больше, так как выпадающая тефра мощностью <0,5 см в свежем виде не образует самостоятельных прослоев, а присутствует в почвенно-пирокластическом чехле в виде примеси, которая визуалью не обнаруживается.

Максимальная мощность тефры (1,5—2 м) отмечена в фирновой толще на седловине между соммой Авачинского вулкана и Козельским вулканом (устное сообщение Я. Д. Муравьева). Мощность тефры в осевой зоне пеплопада в 10—13 км от кратера колеблется в интервале 40—60 см. По карте изопахит определен объем тефры, выпавшей на суше на площади ~90 км², как равный ~0,09 км³. Ее вес (при $\rho = 1,6 \text{ г/см}^3$) равен $0,144 \cdot 10^9 \text{ т}$.

Основная часть зоны пеплопада пришлась на океан, где даже по минимальным оценкам ее площадь была ~50—100 тыс. км², поскольку извержение 1945 г. было сильнее извержения 5 апреля 1938 г., когда пепел выпал на площади ~150 тыс. км². В грубом приближении, объем тефры, выпавшей в море, можно оценить в 0,1—0,2 км³, а вес — в $(0,15 \dots 0,30) \cdot 10^9 \text{ т}$.

В ходе извержения часть пирокластики пошла на формирование раскаленных агломератовых потоков на склонах Молодого конуса Авачинского вулкана. На северо-восточном склоне потоки достигали подножия конуса, на западном — они доходили до середины склона; на юге агломератовый поток был самым большим и спускался в верховья долины р. Сухая Халактырская. Через 15 дней после окончания извержения в отложениях агломератового потока температура на глубине 10—15 см была еще 40—70° С [1, 15].

Ориентировочный объем материала агломератовых (пирокластических) потоков оценен в 30—40 млн. м³, вес — в $(60 \dots 80) \cdot 10^6 \text{ т}$.

Таким образом, общий объем пирокластики извержения 25 февраля 1945 г. был, вероятно, близок к 0,3 км³, вес — к $0,45 \cdot 10^9 \text{ т}$. Доминировал ювенильный материал андезитобазальтового состава (53,60% SiO₂), доля резургентного не превышала 5—10% общего объема.

Интенсивность выноса пирокластики была исключительно высокой — в среднем за весь период извержения ~18,5 тыс. т/с, а в кульминационную фазу, возможно, в 1,5—2 раза выше, т. е. ~30 тыс. т/с.

В долине р. Сухая Халактырская поток талых вод в ходе извержения прорезал дно реки на глубину 2—3 м. Судя по присутствию на поверхности почвенно-пирокластического чехла водных осадков по бортам «сухих рек», начинающихся

на Козельском вулкане (реки Мутная, Мутнушка и др.), потоки талых вод прошли и по ним, хотя ярко выраженных лахаров, там, вероятно, не было.

При выпадении мощного слоя грубой тефры на большой площади был уничтожен ольховый и кедровый стланник, а местами и лес из каменной березы погибли не успевшие уйти животные. Древесно-кустарниковая растительность не восстановилась до сих пор (1992 г.) там, где мощность выпавшей тефры превышает сейчас 30—40 см. Покров тефры здесь по большей части лишен даже травянистой растительности.

Извержение 1991 г. После почти 46-летнего периода относительного покоя 13 января 1991 г. серией из двух сближенных во времени субвертикальных взрывов около 12 ч дня началось новое извержение Авачинского вулкана (рис. 5). Оно не предварялось ни усилением сейсмических явлений, ни заметными деформациями земной поверхности вблизи вулкана.

Извержение продолжалось 5—6 сут (до 18 или 19 января) и было всесторонне изучено сотрудниками Института вулканологии и вновь организованного Института вулканической геологии и геохимии ДВО РАН. В настоящей работе приведены лишь некоторые данные о нем, необходимые для дальнейших выводов.

Результатом взрывов 13 января был пеплопад, прошедший узкой (3—10 км) полосой в ЮЗ (аз. 225°) направлении от кратера Авачинского вулкана. Длина зоны пеплопада ориентировочно оценена в 150—200 км, площадь — в 400—500 км². Объем тефры составил ~10—15 тыс. м³, а ее вес — 12—18 тыс. т. В составе тефры преобладал (60—70%) резургентный материал взорванной придонной части кратера, а ювенильный был представлен серым и коричневато-серым пористым андезитом с 56—57% SiO₂. Наиболее крупный материал, выброшенный взрывами, отложился на склоне Молодого конуса, образовав здесь пояс привершинных обломочных лавин с начинающимися от них короткими языками лахаров (рис. 6). Объем их отложений оценивается в ~10 тыс. м³, вес — в 20 тыс. т.

В пересчете резургентного материала на породу с $\rho = 2,2 \text{ г/см}^3$ объем взорванной части постройки конуса всего 9—10 тыс. м³, что равно объему воронки диаметром 50 и глубиной 15 м.

Примерно через 28 ч после взрывов, около 16 ч дня 14 января в кратере началось излияние лавы. Лава поступала из бокки, расположенной у подножия «серного гребня» (юго-западный сектор кратера, $H_{\text{акс}} = 2577 \text{ м}$) на высоте ~25 м над низшей точкой дна кратера. К 16 ч 27 мин 14 января лавовый поток занимал южную половину дна кратера и имел объем 56 340 м³ при площади основания 5680 м². С учетом заполнения воронки, образовавшейся в результате предшествующих взрывов, объем излившейся лавы мог достигать 65—66 тыс. м³.

Заполнение кратера до уровня низших частей кромки ($H_{\text{акс}} = 2688 \text{ м}$) завершилось к 18 ч 16 января. Оценить объем изверженной к этому времени лавы по аэрофотоснимкам не представлялось возможным из-за очень сильной загазованности кратера, поэтому в связи с тем, что было известно время поступления первых порций лавы из кратера на склон конуса, пожалуй, без большой погрешности, было принято, что объем лавы на этот момент времени соответствовал объему чаши кратера, ограниченному сверху (на высоте нижнего участка его кромки) горизонтальной плоскостью. При этом предполагалось, что поверхности лавы в кратере горизонтальна. С учетом перечисленных условий можно считать, что объем лавы, изверженной к 18 ч 16 января, был близок к 6,5 млн. м³.

В течение следующих суток интенсивность извержения продолжала возрастать. Над кратером постоянно наблюдалось эруптивное облако, поднимавшееся на высоту до 3 км и сносившееся сильным в эти дни ветром на северо-восток. Происходили слабые пеплопады. Кратер начал переполняться лавой, о чем свидетельствовали многочисленные лавины из раскаленных обломков, возникавшие при обвалах блоков выжимаемого из кратера избытка лавы. Скатываясь по понижениям южного склона конуса до высоты ~1900 м, лавины проходили расстояние до 2 км. На продолжении лавин образовались два рукава горячих



Рис. 5. Стадии развития эруптивного облака извержения в. Авачинский 13.I 1991 г.: а — начальная, б — финальная



Рис. 6. Лахары (черные «языки») на склоне Молодого конуса в Авачинский в январе 1991 г.

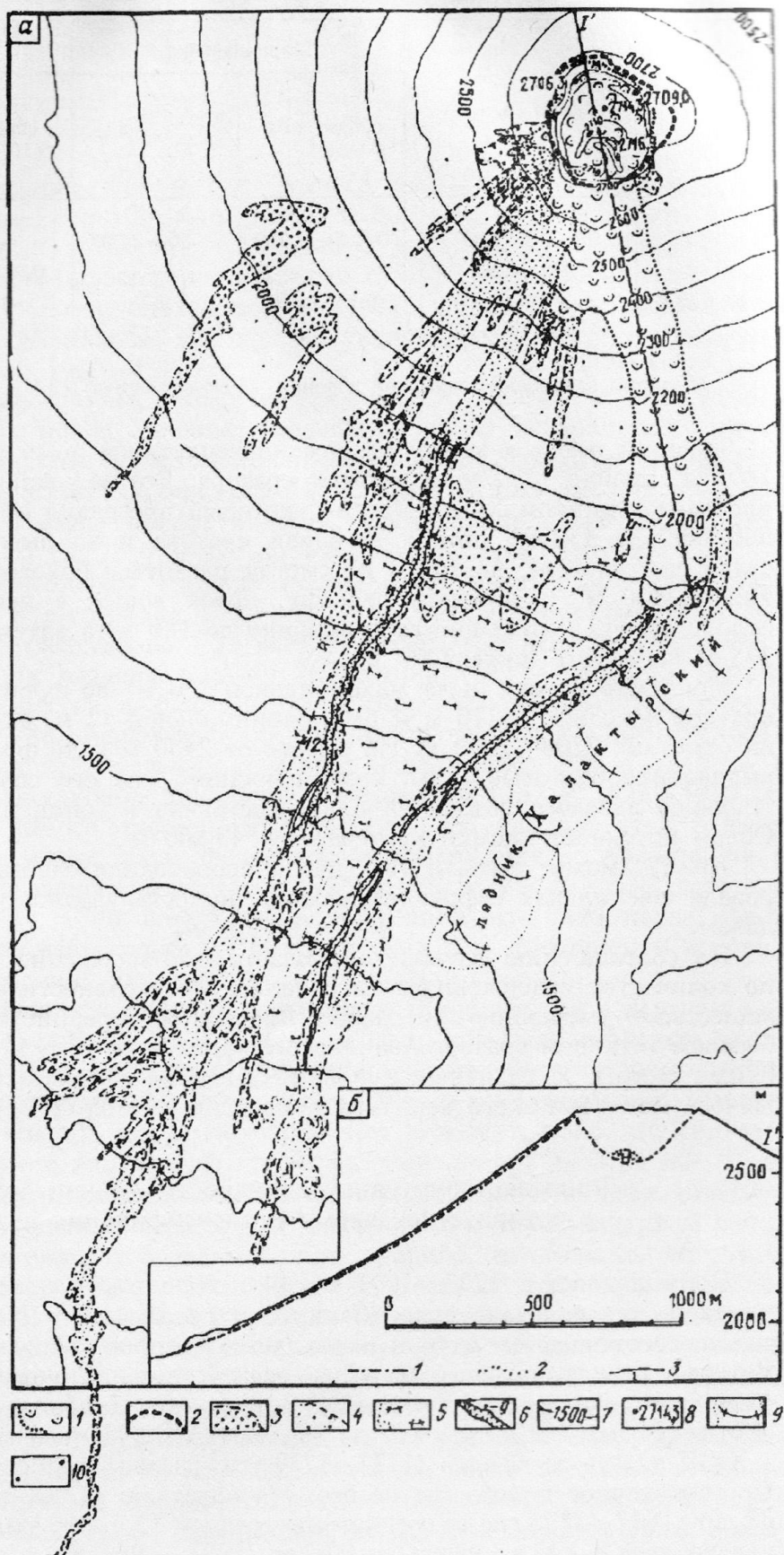
грязекаменных потоков-лахаров (рис. 7). Фронтальная часть более длинного западного лахара находилась в 5,1 км от кратера. Протяженность восточного лахара была на 1 км меньше. Максимальной ширины (~200 м) лахары достигали вблизи фронтальных частей. По осевым линиям лахаров на высотах от 2000 до 1400 м возникли термоэрозионные промоины шириной до 40 м глубиной до 14 м. Отложения потоков имели небольшую мощность, едва превышавшую 1 м в местах наибольшего скопления грязи.

На аэроснимках за 17 января на южном склоне конуса отчетливо просматривается обширное поле снежных лавин, сходящих с привершинной части конуса в первые дни активизации вулкана (рис. 7). Общая площадь лавин составляет 1,02 км². Фронтальная часть самой крупной лавины находилась на высоте 1260 м, мощность перемещенного снега и фирна достигала здесь 14 м.

После заполнения кратера лавой ее избыток излился через низкую часть его гребня на южный — юго-восточный склоны конуса в виде потока глыбовой лавы (рис. 7). Бровка кратера сохранилась в прежнем виде в северном, северо-восточном и восточном секторах. На остальных участках она полностью перекрыта почти 20-метровым слоем лавы.

Несмотря на высокую вязкость лавы, ее поверхность площадью 105 560 м² в кратере субгоризонтальна (рис. 7, б) и имеет среднюю абсолютную отметку, близкую к 2712 м. Максимальная отметка (2716 м) — у лавового гребня вблизи жерла, которое расположено в юго-западном секторе кратера и проецируется строго на лавовую бокку 14 января. Кроме мощной струи выделявшихся газов положение жерла определяют несколько концентрически расположенных в радиусе до 130 м круговых «лавовых волн», по-видимому, отразивших изменения в режиме эффузивной деятельности вулкана на завершающем этапе извержения. Максимальная амплитуда волн достигает 7 м. В южной части кратера волнообразная поверхность перекрыта языком последней порции выжатого лавового материала. Объем лавы в кратере 23 января составил 8 366 300 м³.

Рис. 7. Геолого-геоморфологический эффект извержения в. Авачинский в январе 1991 г. а: 1 — лавовый поток; 2 — контур кромки кратера до извержения 1991 г.; 3 — скопления материала обломочных лавин; 4 — лахары (грязекаменные потоки); 5 — места схода и аккумуляции материала снежных лавин; 6 — термоэрозионные промоины на лахарах; 7 — изогипсы, м; 8 — отметки высот поверхности лавы в кратере; 9 — ледники; 10 — поверхность конуса с большим количеством глыб лавы (вулканические бомбы и т. д.); I—I' — линия профиля. б: 1 — I—I' — профиль Молодого конуса до извержения 1991 г.; 2 — профиль лавового потока в кратере в 16 ч. 14.I 1991 г.; 3 — профиль Молодого конуса после извержения 1991 г.



Вынос вещества вулкана Авачинский в ходе извержения 1991 г.

Дата	Время, ч, мин	Пирокластика		Лава		Средняя скорость выноса, т/с
		объем, $\times 10^6$ м ³	вес, $\times 10^6$ т	объем, $\times 10^6$ м ³	вес, $\times 10^6$ т	
13.I	12.00—12.03 *	0,015—0,020	0,030—0,035	—	—	—
14.I	На 16.27	—	—	0,065 **	0,15	—
13—20.I	—	0,15—0,20	0,2	~13	~31	~60

* Время местное.

** С учетом заполнения взрывной воронки, сформированной 13.I.

Лавовый поток к концу извержения спустился по склону конуса до высоты 1896 м, пройдя 1597 м от кромки кратера. Его дальнейшее продвижение было прервано ледником Халактырским, который преградил ему путь. Максимальная ширина (до 350 м) потока — вблизи кратера и на высоте 2400—2500 м, где стали зарождаться, но так и не смогли развиваться боковые ответвления потока. Ниже 2400 м, подчиняясь рельефу, поток вошел в неглубокую ложбину на склоне конуса, уменьшив свою ширину до 180 м, а затем вновь расширился до 275 м на высоте ниже 2000 м.

Мощность потока была максимальной (30 м) во фронтальной части, вблизи кратера доходила до 20 м и была минимальной (2 м) по осевой линии потока на отметках 2200—2300 м. На высоте от 2450 м и до фронта потока отчетливо выделяются бортовые валы, возвышающиеся над его поверхностью на 3—7 м. Площадь лавового потока на плане составила в конце извержения 328 900 м². Объем потока от кромки кратера — 4 343 800 м³.

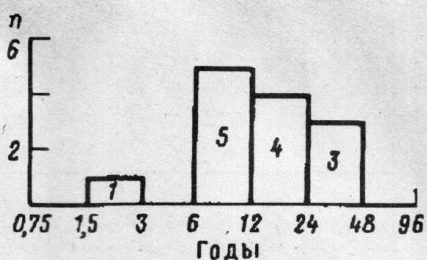
16—17 (может быть, и 18) января происходили слабые пеплопады. Доминировала ювенильная тефра, отвечающая по составу одновременно извергавшимся лавам.

По соотношению лавы и пирокластики, извержение 1991 г. — эффузивное, по количеству изверженного материала и интенсивности выноса магматического вещества — умеренное или слабое. Лавовое образование мощностью до 171 м в бывшем активном кратере Авачинского вулкана по типу и способу формирования ближе всего к эффузивным куполам. Сведения об объемах, весе, интенсивности выноса магматического вещества приведены в табл. 1.

Динамика эруптивной активности Авачинского вулкана в историческое время и классификация извержений

Происшедшие в 1737—1991 гг. 14 исторических извержений вулкана Авачинский, как показано в предыдущих разделах ч. I и II, отличались различной силой, соотношением лавы и пирокластики, долей ювенильного и резургентного материала, оказывали неодинаковое воздействие на природу. Промежутки между извержениями составляли от 3 до 48 лет (рис. 8). Наиболее характерны интервалы от 6 до 24 лет (69%) и от 35 до 48 лет (23%). Меньше всего было извержений в XVIII в.: три за 42 года (1737—1779 гг.), средний интервал между ними 14 лет. Промежуточное положение по этому показателю у XIX в.: пять извержений за 68 лет (1827—1895 гг.) со средним интервалом 13,6 лет. Максимальное количество извержений в XX в.: шесть за 90 лет (1901—1991 гг., в среднем через 15 лет). Средняя частота извержений за весь исторический эруптивный этап (1737—1991 гг.) составляла около одного за 18 лет.

Рис. 8. Длительность промежутков между историческими извержениями в Авачинский в 1737—1991 гг.; n — число промежутков



В сходном направлении шел и рост выноса ювенильного магматического вещества: в XVIII в. — 70—100 млн. м³ и ~130 млн. т; в XIX в. — более 165 млн. м³ и 270 млн. т; в XX в. — ~505 млн. м³ и 750 млн. т (табл. 2). Всего за 254 года (1737—1991 гг.) извержено не менее $1,15 \cdot 10^9$ т ювенильных продуктов. Это несколько больше, чем опубликовано ранее [8]. Однако приведенная цифра представляется более правильной, так как получена в результате специальных детальных исследований 1989—1992 гг.

Согласно этим исследованиям, сокращена также до 150—200 лет и длительность периода относительного покоя, предшествовавшего началу исторического эруптивного этапа в Авачинский. С учетом такой длительности периода покоя средняя продуктивность вулкана, начиная с середины XVI в., оценена в $2,7 \cdot 10^6$ т/год. Однако в течение эруптивного этапа продуктивность весьма значительно колебалась, изменяясь от менее чем $(0,5 \dots 0,7) \cdot 10^6$ до $70 \cdot 10^6$ т/год (рис. 9).

Выделяются два отчетливых периода повышенного выноса магматического вещества. Первый — в интервале 1737—1827 гг., второй — 1926—1945 гг., на них приходится соответственно ~32 и ~58% всего веса изверженного ювенильного материала. Их разделяет почти 100-летний (1827—1926 гг.) период пониженного выноса вещества, на шесть слабых и умеренных извержений которого приходится не более 7—8% общего веса ювенильных продуктов. В обоих периодах объем и вес изверженного материала конечных извержений 1827 и 1945 гг. в 2—2,5 раза превышают таковые начальных извержений 1737 и 1926—1927 гг. Пониженная скорость выноса ювенильного вещества (~31 млн. т за 46 лет) была характерна и для интервала после февральского извержения в Авачинский в 1945 г. Близость темпа выноса вещества в 1828—1925 гг. (~7% за 97 лет) и в 1945—1991 гг. (~2,7% за 46 лет) позволяет предполагать, что после очень сильного эксплозивного извержения 25 февраля 1945 г. в Авачинский вступил в новый период пониженной активности.

Отличительная особенность подавляющего числа исторических извержений — их преимущественно эксплозивный характер. Только два из описанных извержений (1894—1895 и 1991 гг.) можно уверенно назвать соответственно эффузивно-эксплозивным и эффузивным. Оба они приурочены к периодам пониженного поступления магматического вещества. При этом для всех наиболее сильных эксплозивных извержений характерны кратковременность (от 2—3 до 50—60 ч) и исключительно высокая скорость выноса ювенильной пирокластики (от 1000 до 30 000 т/с), что в общем необычно для извержений с таким составом пород (основные андезиты — андезитобазальты), как правило, не богатых летучими компонентами. По этой причине самый вероятный способ объяснить подобное сочетание — фреато-магматический механизм извержений. По представлению А. Макдональда [5] и других исследователей, движущая сила таких извержений — совместное действие выделяющихся из магмы газов и водяного пара, который образуется при контакте магмы с водой или обводненными породами на глубине.

Одно из последних по времени извержений такого рода произошло на Аляске (США) в апреле 1977 г. [20]. С ним было связано образование двух мааров Укинрек на южном берегу оз. Бечарова. Фреато-магматический тип извержения был обусловлен взаимодействием базальтовой магмы с водой из сильно обводненных озерных и ледниковых отложений плейстоценового возраста. В результате непрерывного, но сильного извержения выброшено более 26 млн. м³ ба-

Параметры исторических (1737—1991 гг.) извержений вулкана Авачинский

Год	Месяц, число	Продолжительность	Пирокластика		Лава		Коэффициент эксплозивности		Средняя скорость выноса ювенильных продуктов	
			объем, $\times 10^6 \text{ м}^3$	вес, $\times 10^6 \text{ т}$	объем, $\times 10^6 \text{ м}^3$	вес, $\times 10^6 \text{ т}$	об. %	вес. %	$\text{м}^3/\text{с}$	т/с
1991	13—20.I	~6 сут	0,15—0,20	0,2	13	~31	<1		23	60
1945	25.II	<7 ч	300	450	—	—	100		12 000	18 500
1938	6.III—27.XI	~8,5 мес.	25—35	40—60	—	—	100		?	?
1926—1927	27.III—14.III	~1 г.	180—200	~250	3—4	~8	~98		~18 000*	~30 000*
1909	Август	?	5—10	8—15	—	—	100		?	?
1901	7—13.VII	~6 сут	5—10	8—15	—	—	100		10(?)	20(?)
1894—1895	Октябрь—февраль	~4 мес.	1	1,5	13—15	~33	7		?	?
1881	—	?	~5(?)	~8(?)	—	—	100(?)		?	?
1878	—	?	~5(?)	~8(?)	—	—	100(?)		?	?
1851—1855	Ноябрь—сентябрь	~4 г.	~10(?)	~15(?)	—	—	100(?)		?	?
1827	27—29.VI	~3 сут.	150—200	240—320	—	—	100		600—700	900
1779	15—16.VI	<1 сут.	50—70	80—110	—	—	100		~700	~1100
1772	—	?	?	?	?	?	?		?	?
1737	Лето	<1 сут.	30—50	50—80	—	—	100		?	?

* В пароксизмальную фазу 2 апреля.

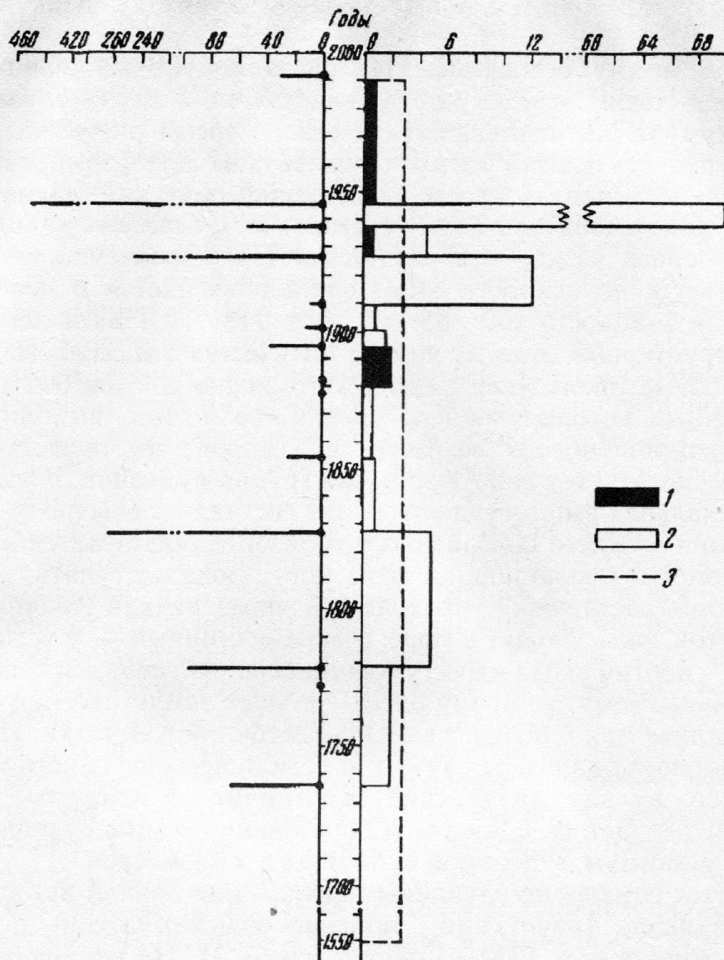


Рис. 9. Продуктивность в. Авачинский в историческое время. Слева показан вес материала отдельных извержений (п·10⁶ т), справа — продуктивность (п·10⁶ т/г); 1 — лава, 2 — пирокластика, 3 — средняя продуктивность вулкана с середины XVI в.

зальтового (47,67—48,07% SiO₂) шлака и тонкой тefры, выпавшей на площади свыше 20—25 тыс.км².

В случае с вулканом Авачинский взаимодействие жидкой, нагретой до 1100—1200° С магмы с водой может осуществляться на двух уровнях. Вода верхнего уровня, судя по морфологии вулкана, должна находиться на дне верхнеплейстоценового (возраст ~30 тыс. лет) обвального-взрывного кратера [9], подновленного около 3600—3700 лет назад в результате катастрофического извержения, с которого началось формирование Молодого конуса Авачи. Над кратером площадью ~14 км² каждый год выпадает не менее 2000 мм осадков в виде дождя и снега. В сумме это дает ~28 млн. м² воды в год (без учета очень интенсивного здесь метелевого переноса, когда снег с внешних склонов соммы в большом количестве сдувается сильными ветрами внутрь кратера). В связи с тем что кратер является полузамкнутой формой, а породы Молодого конуса отличаются высокой проницаемостью, значительная часть воды, несомненно, попадает вглубь. Кроме того, вода на дно кратера поступает и при таянии основания ледника и многочисленных снежников-перелетков, приуроченных к атрио. Следовательно, пористая пирокластика и трещиноватые лавы, выполняющие кратер, почти всегда должны быть обводнены. Реконструкция дна кратера [9] позволяет предположить, что обводненная толща пород может находиться в высотном интервале от 500 до

1500 м над уровнем моря, т. е. на 1000—2000 м ниже дна активного кратера в. Авачинский.

Зона раздела между основанием Молодого конуса в. Авачинский и дном позднеплейстоцен-голоценового кратера является, по-видимому, также и удобным местом для аккумуляции поднявшихся в разное время с глубины, но не изверженных на поверхность порций магмы. С момента начала формирования Молодого конуса здесь мог возникнуть своего рода периферический магматический очаг андезитового — андезитобазальтового состава, остающийся в сильно нагретом состоянии и в период между извержениями. Не исключено, что прежде всего именно близостью к поверхности этого очага объясняется и необычно высокая средняя тепловая мощность (60—65 тыс. кВт [18, 19]) вулкана Авачинский в последний межэруптивный этап. С учетом количества вынесенного тепла ($2,4 \cdot 10^{16}$ кал за 46 лет) объем такого «периферического очага» должен быть $\sim 0,3—0,5$ км³.

Водонасыщенные породы нижнего уровня, возможно, выполняют огромную кальдеру верхнеплиоценового возраста, в которой, по представлению И. В. Мелекесцева, располагается вся Авачинская группа вулканов. В кальдерах такого масштаба вертикальная амплитуда опускания составляет обычно 3—5 км, поэтому глубина залегания нижнего обводненного горизонта оценивается в 1—3 км ниже уровня моря. Дополнительно порции воды могут сюда поступать, вероятно, вдоль дугообразной зоны растяжения, проходящей через вулкан Авачинский [6], так как оба конца этой зоны заходят в море: северо-восточный — у устья р. Налычева, юго-западный — против входа в бухту Авачинская. Активизация зоны растяжения происходит, по-видимому, во время очень сильных землетрясений с эпицентрами в Авачинском заливе или у побережья Юго-Восточной Камчатки. Предполагается, что верхнеплиоценовая кальдера служит вмещителем еще одного магматического очага, питающего вулкан Авачинский. В отличие от верхнего, он существует не менее 40—50 тыс. лет (т. е. с начала образования соммы вулкана Авачинский) и имеет объем минимум в десятки кубических километров.

Представляется отнюдь не случайным совпадение начала исторического эруптивного этапа вулкана Авачинский с мощным общекамчатским периодом интенсификации сейсмичности в 1737—1740 гг. (см. ч. I). Не исключено, что именно в это время под вулкан Авачинский внедрилась с глубины новая порция свежей магмы, обеспечивая его деятельность в XVIII—XX вв.

Короткое, но сильное эксплозивное извержение летом 1737 г. (начало исторического эруптивного этапа) было, возможно, первой реакцией на происшедшие события — инъекцию магмы, сброс давления при растяжении и облегчение контакта магмы с водой. Моделью такого извержения в первом приближении может служить спровоцированное при бурении на термальную воду извержение 8 сентября 1977 г. в районе Námafjall (Исландия). Тогда из скважины с глубины 1138 м было выброшено 26 м³ очень пористого базальтового шлака [21]. Большая сила извержения Авачи в 1737 г. объясняется, по-видимому, тем, что оно произошло после периода относительного покоя при закупоренном жерле этого вулкана.

Последующие эксплозивные извержения исторического эруптивного этапа также имели преимущественно фреато-магматическую природу, на что указывает резкое преобладание среди изверженных продуктов ювенильных шлаков и сильнопористых пород. Разная продуктивность извержений могла быть обусловлена глубиной, на которой имело место взаимодействие магмы и воды. Пирокластика извержений наиболее сильных (с максимальной продуктивностью) выбрасывалась, по-видимому, при контакте магмы с обводненными породами нижнего горизонта, менее сильных и менее продуктивных — верхнего горизонта. К извержениям первого типа отнесены большеобъемные извержения 1737, 1779, 1827, 1926—1927 (кульминационная фаза 5 апреля 1926 г.), 1938 (кульминационная фаза 28 марта) и 1945 гг. Ко второму — остальные эксплозивные извержения в 1772, 1851—1855, 1878, 1881, 1901 и 1909 гг.

Лавы и пирокластика эффузивно-эксплозивного и существенно эффузивного

извержений 1894—1895 и 1991 гг., вероятно, поступили главным образом из верхнего магматического очага. Об этом свидетельствуют умеренная сила извержений и небольшие объемы лав и пирокластического материала.

Не совсем ясна причина образования весьма характерных для Авачинского вулкана шлаковых пирокластических потоков («раскаленных агломератовых потоков», по Б. И. Пийпу [14], который считает их результатом так называемых взрыво-выдуваний — непрерывной серии взрывов, происходящих при низком газовом давлении). Как правило, они возникают в заключительную фазу эксплозивных извержений и их появление, по мнению авторов настоящей работы, можно объяснить уменьшением в газовой фазе водяного пара, образовавшегося при контакте магмы и обводненных пород.

Шлаковые пирокластические потоки и обломочные раскаленные лавины, высокотемпературные отложения которых отличались относительно большой (до 8—10 м) мощностью и значительным запасом тепла, служили главной причиной возникновения мощных и протяженных лахаров. С лавовыми потоками были связаны лишь небольшие лахары. Выпадающая тефра даже очень сильных извержений не обладала значительным запасом тепла, поэтому при выпадении тефры большие лахары, по-видимому, чаще всего не возникали.

Внешнее проявление и последствия извержений в большой степени, по-видимому, зависели от состояния кратера и верхней части подводящего канала вулкана. Так, «катастрофичность» извержений 1737 и 1827 гг. могла быть предопределена затрудненностью поступления магматического вещества на поверхность. В первом случае — в связи с продолжительным (150—200 лет) периодом относительного покоя после завершения предыдущего эруптивного этапа. Во втором случае главную роль сыграло, вероятно, сочетание двух факторов — большой абсолютной высоты вулкана и малого размера вершинного кратера. На слабую активность кратера указывает и отсутствие заметной фумарольной деятельности перед извержением [16].

Наоборот, извержения 1938, 1945 и 1991 гг. происходили, когда кратер вулкана Авачинский был большим и глубоким, а вынос газов, тепловая разгрузка и выброс изверженных продуктов могли осуществляться сравнительно беспрепятственно. По этой причине даже извержения большой мощности в 1938 и 1945 гг. не сопровождались и не предварялись сильными вулканическими землетрясениями. В еще большей мере это относится к извержению 1991 г., перед началом которого усиление сейсмичности не было зафиксировано и близко расположенными сейсмостанциями.

Прогноз типа и параметров будущего извержения

«Типичность» исторического эруптивного этапа 1737—1991 гг. для истории формирования Молодого конуса Авачинского вулкана за последние 1,5—2 тыс. лет, его значительная продолжительность и большое количество происшедших за это время разнообразных по своим характеристикам извержений дает возможность использовать для определения типа и параметров ближайшего будущего извержения (извержений) вулкана Авачинский нового варианта долгосрочного прогноза вулканических извержений — «прогноза по аналогии». Суть его заключается, во-первых, в подборе на основе анализа исторического эруптивного этапа и доисторической эруптивной активности вулкана Авачинский ситуации, максимально сходной с той, которая сложилась на вулкане после его извержения 1991 г., и, во-вторых, в разработке наиболее вероятного сценария будущего извержения (серии извержений), оценке его параметров и связанной с ним вулканической опасности, по аналогии с тем, как это было в прошлом, естественно, с внесением коррекций, учитывающих специфику современного состояния и морфологии Молодого конуса Авачинского вулкана.

Возможность применения такого варианта методики долгосрочного прогноза извержений вулкана Авачинский обусловлена прежде всего тем, что за 254 года

его исторического эруптивного этапа неоднократно возникали ситуации, напоминающие современную. В значительной мере этому способствует и то, что в результате проведенной авторами детальной реконструкции истории формирования Молодого конуса установлено, что исторический эруптивный этап по типам и параметрам своих извержений, интенсивности выноса вещества и продуктивности ничего необычного не представляет. Наоборот, вполне типичен для эруптивной активности Молодого конуса вулкан Авачинский, по крайней мере с начала нашей эры. В этой связи логично предположить, что в ближайшие десятки и сотни лет характер эруптивной активности существенно не изменится, а типы и параметры извержений останутся прежними, если, конечно, не произойдет кардинальная перестройка системы питания вулкана в результате каких-либо катастрофических событий.

Современная (июль 1992 г.) ситуация на вулкане Авачинский характеризуется следующими главными особенностями.

1. Вулкан, вероятно, по-прежнему, продолжает оставаться в стадии пониженной интенсивности выноса магматического вещества, которая началась в марте 1945 г., так как даже с учетом извержения в январе 1991 г. продуктивность за прошедшие 46 лет составила всего $0,7 \cdot 10^6$ т/год. Это почти в 4 раза меньше, чем средняя продуктивность вулкана за исторический эруптивный этап в целом, и в 50 раз меньше, чем во время предшествующего периода повышенной активности 1926—1945 гг.

2. В результате извержения 1991 г. жерло вулкана оказалось закупоренным «лавовой пробкой» мощностью 170 м и общим весом ~20 млн. т при наименьшей толщине стенки с южной стороны кратера.

Формально внешне сходная ситуация уже была 96 лет назад после завершения извержения 1894—1895 гг.: само это извержение имело место в период спада интенсивности выноса магматического вещества, а лавы его финальной фазы, заполнив полость кратера, стали изливаться на склон Молодого конуса (см. ч. I). Однако глубина кратера была тогда намного меньше, чем в январе 1991 г., поэтому заполнившая тогда кратер «лавовая пробка» из-за своей небольшой мощности не оказалась значительным препятствием и была прорвана вершинными взрывами во время умеренного извержения 1901 г. О сравнительно небольшой силе взрывов свидетельствует и глубина (~43 м) образовавшегося тогда кратера (см. ч. I).

Сейчас же картина существенно иная, так как активное жерло вулкана фактически прочно «запечатано» толстой и тяжелой лавовой пробкой, затрудняющей вынос снизу тепла и вулканических газов. Косвенным подтверждением этого является отсутствие мощных фумарол над центром кратера, где толща лав максимальная. Наоборот, наблюдающиеся фумаролы располагаются по периметру кратера, где лавовая толща выклинивается или резко уменьшается ее мощность. Препятствием для сброса тепла из глубины может служить и высокая температура самой лавовой пробки, первоначально нагретой до 1000—1100° С. При таком объеме и мощности лав, а также за счет вторичного разогрева экзотермическими реакциями высокая температура должна поддерживаться в лавовой пробке по крайней мере в течение десятилетий.

В этой связи при прогнозе типа, формы проявления и параметров будущего извержения следует, по-видимому, отдать предпочтение одному из вариантов прошлых извержений вулкана Авачинский, происходивших при «закупоренном» жерле, как в 1737 или 1827 гг. Но оно не может быть полным аналогом последних, так как те были приурочены к периоду повышенного, а не пониженного выноса магматического вещества.

Следовательно, прогнозируемое извержение должно обладать чертами извержения периода пониженной вулканической активности, реализуемого в условиях, когда активное жерло вулкана закрыто прочной лавовой пробкой. Можно предполагать также, что это извержение будет иметь различный характер в зависимости от длительности периода предшествующего покоя и количества поступившей

его исторического эруптивного этапа неоднократно возникали ситуации, напоминающие современную. В значительной мере этому способствует и то, что в результате проведенной авторами детальной реконструкции истории формирования Молодого конуса установлено, что исторический эруптивный этап по типам и параметрам своих извержений, интенсивности выноса вещества и продуктивности ничего необычного не представляет. Наоборот, вполне типичен для эруптивной активности Молодого конуса вулкан Авачинский, по крайней мере с начала нашей эры. В этой связи логично предположить, что в ближайшие десятки и сотни лет характер эруптивной активности существенно не изменится, а типы и параметры извержений останутся прежними, если, конечно, не произойдет кардинальная перестройка системы питания вулкана в результате каких-либо катастрофических событий.

Современная (июль 1992 г.) ситуация на вулкане Авачинский характеризуется следующими главными особенностями.

1. Вулкан, вероятно, по-прежнему, продолжает оставаться в стадии пониженной интенсивности выноса магматического вещества, которая началась в марте 1945 г., так как даже с учетом извержения в январе 1991 г. продуктивность за прошедшие 46 лет составила всего $0,7 \cdot 10^6$ т/год. Это почти в 4 раза меньше, чем средняя продуктивность вулкана за исторический эруптивный этап в целом, и в 50 раз меньше, чем во время предшествующего периода повышенной активности 1926—1945 гг.

2. В результате извержения 1991 г. жерло вулкана оказалось закупоренным «лавовой пробкой» мощностью 170 м и общим весом ~20 млн. т при наименьшей толщине стенки с южной стороны кратера.

Формально внешне сходная ситуация уже была 96 лет назад после завершения извержения 1894—1895 гг.: само это извержение имело место в период спада интенсивности выноса магматического вещества, а лавы его финальной фазы, заполнив полость кратера, стали изливаться на склон Молодого конуса (см. ч. I). Однако глубина кратера была тогда намного меньше, чем в январе 1991 г., поэтому заполнившая тогда кратер «лавовая пробка» из-за своей небольшой мощности не оказалась значительным препятствием и была прорвана вершинными взрывами во время умеренного извержения 1901 г. О сравнительно небольшой силе взрывов свидетельствует и глубина (~43 м) образовавшегося тогда кратера (см. ч. I).

Сейчас же картина существенно иная, так как активное жерло вулкана фактически прочно «запечатано» толстой и тяжелой лавовой пробкой, затрудняющей вынос снизу тепла и вулканических газов. Косвенным подтверждением этого является отсутствие мощных фумарол над центром кратера, где толща лав максимальная. Наоборот, наблюдающиеся фумаролы располагаются по периметру кратера, где лавовая толща выклинивается или резко уменьшается ее мощность. Препятствием для сброса тепла из глубины может служить и высокая температура самой лавовой пробки, первоначально нагретой до 1000—1100° С. При таком объеме и мощности лав, а также за счет вторичного разогрева экзотермическими реакциями высокая температура должна поддерживаться в лавовой пробке по крайней мере в течение десятилетий.

В этой связи при прогнозе типа, формы проявления и параметров будущего извержения следует, по-видимому, отдать предпочтение одному из вариантов прошлых извержений вулкана Авачинский, происходивших при «закупоренном» жерле, как в 1737 или 1827 гг. Но оно не может быть полным аналогом последних, так как те были приурочены к периоду повышенного, а не пониженного выноса магматического вещества.

Следовательно, прогнозируемое извержение должно обладать чертами извержения периода пониженной вулканической активности, реализуемого в условиях, когда активное жерло вулкана закрыто прочной лавовой пробкой. Можно предполагать также, что это извержение будет иметь различный характер в зависимости от длительности периода предшествующего покоя и количества поступившей

своей магмы. При малой длительности (годы) периода покоя и небольшом объеме своей магмы извержение скорее всего будет взрывным фреато-магматическим. После продолжительного (десяtkи лет) периода покоя и при значительном объеме накопленной магмы характер извержения станет другим: взрывным фреато-магматическим в начальной фазе и взрывно-эффузивным — в конечной.

В обоих случаях из-за закупорки жерла извержения должны быть более сильными, чем извержения 1851—1909 гг., и могут сопровождаться выбросом большого количества тефры. В том и другом случаях возможны обвалы и связанные с ними направленные взрывы. При реализации второго варианта извержения помимо излияния лав высока вероятность образования агломератовых пирокластических потоков и возникновения лахаров.

В результате следующего извержения должна заметно измениться и морфология привершинной части Молодого конуса. Не исключено, что он сам превратится в вулкан типа Сомма-Везувий, а вулкан Авачинский — в «двойной Сомма-Везувий».

Если в дальнейшем период пониженного выноса магматического вещества продолжится и сохранится характерная для него продуктивность ($(0,5 \dots 0,7) \cdot 10^6$ т/г), то любое извержение в интервале до 2000 г. по количеству ювенильного материала может быть только слабым или умеренным. Однако в сложившейся обстановке магма не поднимется прямо вверх без разрушения лавовой пробки в кратере. Она должна внедриться под основание образованного эффузивного купола, деформируя привершинную часть Молодого конуса Авачи. В этом случае при сильной деформации постройки наиболее вероятен обвал, сопровождаемый направленным взрывом. В ходе последующей стадии будет наблюдаться взрывная деятельность с выбросом ювенильной пирокластики или взрывно-эффузивная деятельность с излиянием лав. При обоих вариантах объем изверженного ювенильного материала не превысит, вероятно, нескольких миллионов кубометров.

Объем же взорванной и обвалившейся части постройки конуса может варьировать в широких пределах (по оценкам авторов, от 0,01—0,02 до 0,1—0,2 км³). Минимальный объем будет при удалении лавовой пробки вместе с непосредственно прилегающими фрагментами конуса, максимальный — если обрушение захватит крутосклонную, разбитую радиальными и концентрическими трещинами, сложную строконную часть конуса до высоты 2400—2500 м.

Вероятнее всего, что обвал произойдет в Ю-ЮЗ- или ЮЗ-секторах Молодого конуса, где толщина стенки кратера самая маленькая. В том же направлении будет ориентирована и ось взрыва, поэтому на максимальное расстояние обвальные взрывные отложения распространятся по долинам рек Сухая Халактырская и Селтуха.

В соответствии с предполагаемым ходом извержения оценивается и степень вулканической опасности, обусловленная различными его факторами. В связи с ограниченными объемами ювенильного вещества длина лавовых потоков будет мала и они за пределы Молодого конуса скорее всего не выйдут. Большеобъемный выброс пирокластики также не произойдет. Следовательно, опасность лавовых потоков и выпадения тефры окажется небольшой. Судя по прошлым извержениям такого масштаба, мощность свежей тефры на расстоянии более 10 км не превысит 1—3 см.

Главная опасность будет исходить от горячей ударной волны направленного взрыва, обвально-взрывных отложений и лахаров. Как показывает опыт изучения направленных взрывов разной силы [2, 3, 5, 6, 9 и др.], зона связанных с ними разрушений охватывает сектор 40—90° площадью от 5—10 до 500—600 км². Для вулкана Авачинский предполагаемая площадь зоны разрушений может колебаться от 10 до 50 км² при ее длине до 10—15 км. По классификации Г. С. Горшкова [1], это отвечает средним (тип Пеле) по силе направленным взрывам.

Лавины из грубообломочного обвально-взрывного материала в зависимости от объема могут переместиться на расстояние более 10 км. Лахары в зависимости

от ориентировки оси взрыва достигнут реки Авачи или берега океана в районе Халактырского пляжа.

При удлинении периода относительного покоя или смене режима вулканической активности в сторону ее усиления (например, в результате интенсификации подачи магматического вещества) мощность будущего извержения возрастет. Увеличится и степень вулканической опасности от каждого компонента извержения.

В связи с изложенным строительство населенных пунктов и хозяйственных объектов в юго-западном и южном секторах подножия вулкана Авачинский в радиусе 12—15 км от его активного кратера должно быть запрещено из-за высокой вулканической опасности. Никакие объекты не должны возводиться на всем протяжении долин сухих рек, начинающихся на склонах Авачинского и Козельского вулканов, поскольку каждая из них является потенциально опасной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Главацкий С. Н., Лагунов И. И.* Извержение вулкана Авачи 25 февраля 1945 г. // *Изв. Всес. геогр. о-ва.* 1946. Т. 78. Вып. 3. С. 273—278.
2. *Горшков Г. С.* Извержение сопки Безымянной в 1956 г. (предварительное сообщение) // *Бюл. вулканол. станций.* 1957. № 26. С. 13—19.
3. *Горшков Г. С.* К вопросу о классификации некоторых типов взрывных отложений // *Вопросы вулканизма.* М.: Наука, 1962. С. 31—38.
4. *Заварицкий А. Н.* Вулкан Авача на Камчатке и его состояние летом 1931 г. // *Центр. науч.-исслед. геол.-развед. ин-та.* 1935. Вып. 35. 32 с.
5. *Макдональд Г.* Вулканы. М.: Мир, 1975. 432 с.
6. *Мелекесцев И. В.* Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 212 с.
7. *Мелекесцев И. В., Брайцева О. А., Двигало В. Н., Базанова Л. И.* Историческое извержение Авачинского вулкана на Камчатке (попытка современной интерпретации и классификации для долгосрочного прогноза типа и параметров будущих извержений). Ч. I (1737—1909 гг.) // *Вулканология и сейсмология.* 1993. № 6. С. 13—27.
8. *Мелекесцев И. В., Кирьянов В. Ю.* Когда будет извергаться вулкан Авача на Камчатке? // *Вулканология и сейсмология.* 1984. № 6. С. 107—111.
9. *Мелекесцев И. В., Литасова С. Н., Сулержицкий Л. Д.* О возрасте и масштабах катастрофических извержений типа направленного взрыва вулкана Авачинский (Камчатка) в позднем плейстоцене // *Вулканология и сейсмология.* 1991. № 3. С. 3—11.
10. *Меняйлов А. А.* Извержение вулкана Авачи в 1938 г. // *Бюл. вулканол. станций.* 1938. № 6. С. 3—20.
11. *Новограбленов П. Т.* Извержение Авачинского вулкана в 1926 г. // *Изв. Русск. геогр. о-ва.* Т. VIII. Вып. 2. Л.: М., 1926. С. 79—92.
12. *Новограбленов П. Т., Чирвинский П. Н.* Авачинский вулкан на Камчатке, извержения в 1926 и 1927 годах и петрографическая характеристика продукта извержения // *Изв. Донского политехнического института в Новочеркасске.* Т. XIV. Новочеркассск, 1930.
13. *Пийп Б. И.* Извержение вулкана Авача в 1938 г. // *Бюл. вулканол. станций Камчатке.* 1941. № 10. С. 9—12.
14. *Пийп Б. И.* О раскаленных агломератовых потоках Авачи и о типе извержений этого вулкана // *Бюл. вулканол. станций на Камчатке.* 1946. № 12. С. 14—18.
15. *Пийп Б. И.* Извержение Авачинской сопки в 1945 г. // *Бюл. вулканол. станций.* 1945. № 17. С. 3—6.

Путешествие вокруг света, совершенное по повелению Государя Императора Александра Первого на военном шлюпе «Предприятие» в 1823, 24, 25, 26 годах под начальством Флота Капитан-Лейтенанта Котцебу. Спб., 1828. 200 с.

Трошин А. Н., Дягилев Г. А. Извержение Авачинского вулкана//Природа. 1926. №№ 9—10.

Федотов С. А. Оценки выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков//Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3—28.

Федотов С. А., Балеста С. Т., Дроздин В. А. и др. О возможности использования тепла магматического очага Авачинского вулкана//Бюл. вулканол. станций. 1977. № 53. С. 27—37.

Kienle J., Kyle Ph. R., Self S. et al. Ukinrek maars, Alaska, 1 April 1977 eruption sequence, petrology and tectonic setting//J. Volcanol. and Geothermal Res. 1980. № 7. P. 11—37.

Larsen G., Gronvold, Thorarinsson S. Volcanic eruption through a geothermal borehole of Namafjall, Iceland//Nature. 1979. V. 278. № 5706. P. 707—710.

Институт вулканической геологии
и геохимии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский

Поступила в редакцию
8.04.1993

Институт вулканологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский