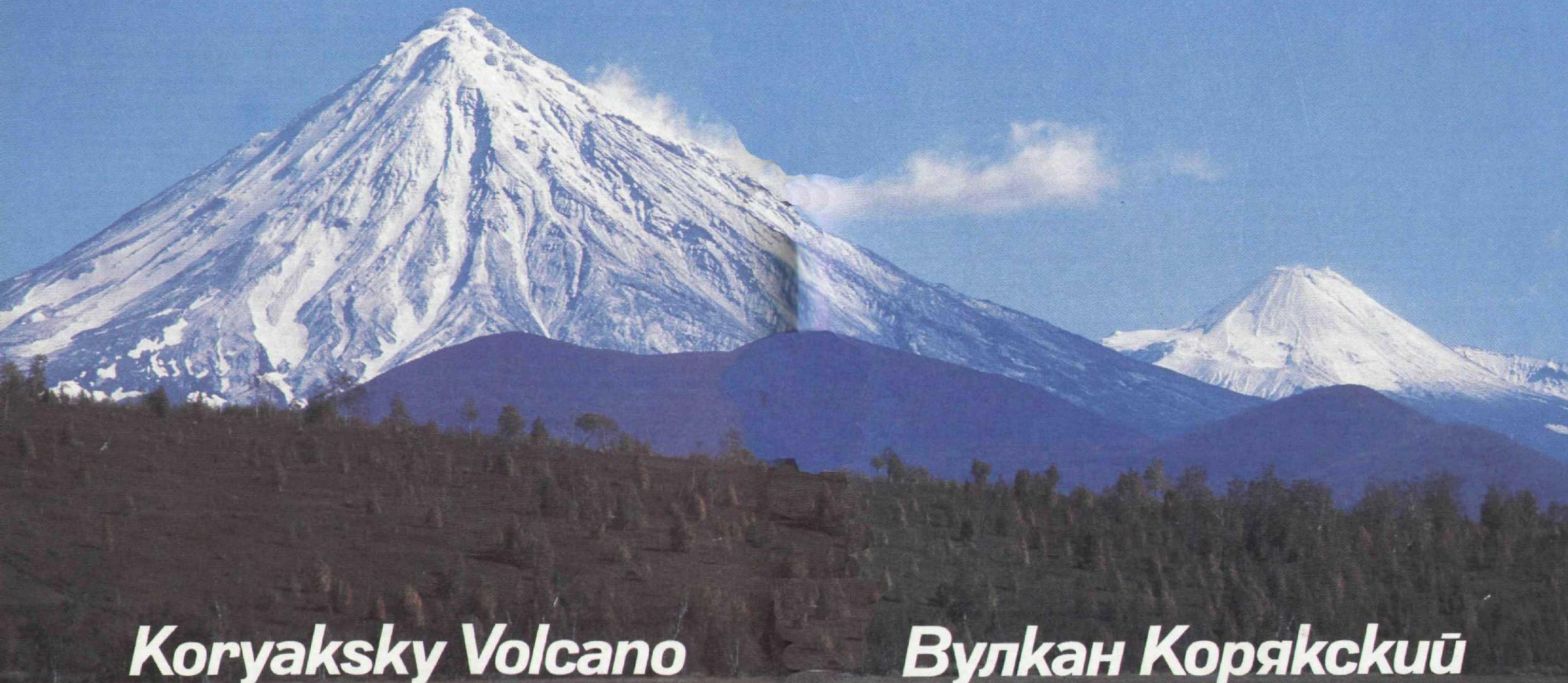


Рис. 145. Корякский вулкан, вид с запада. На переднем плане экструзии плиоценового возраста. Фото Н.П. Смельова

Fig. 145. Koryaksky volcano, a western view. In the foreground are Pliocene extrusions. Photo by N.P. Smelov



Koryaksky Volcano

Вулкан Корякский

Синоним. Корякская сопка, Стреловая сопка.

Местоположение. Координаты вершины: 53° 17' с.ш., 158° 54' в.д.

Геолого-географическое положение. Вулкан расположен рядом с Авачинской сопкой, к северо-западу от нее¹. Входит в состав Авачинской группы, представленной вытянутым в северо-западном направлении рядом вулканов. Вулкан расположен на пересечении продольного и поперечного разломов. По мнению Ю. П. Масуренкова, продольный разлом образует юго-восточный борт Термального рифта — региональной структуры, вытянутой в северо-восточном направлении. В этой структуре сосредоточены верхнеплейстоцен-голоценовые вулканы и современные гидротермальные системы (рис. 145—147). Поперечный разлом является частью Налачевской зоны, вдоль которой размещается весь ряд вулканов Авачинско-Корякской группы [Масуренков, Комкова, 1978; Масуренков и др., 1987].

Геология фундамента. Непосредственно в основании Корякского вулкана обнажаются андезитовые и базальтовые лавы, агломератовые туфы, туфоконгломераты и туфогравелиты плиоцен-нижнечетвертичного комплекса. С северо-запада к Корякской сопке примыкают и служат ее основанием среднечетвертичные постройки вулканов Аага и Арика (см. рис. 145). В строении дочетвертичного фундамента, общего для Корякского и Авачинского вулканов, участвуют развитые в сопредельных районах интрузивные, вулканические, вулканогенно-осадочные верхнемеловые и неогеновые образования.

Морфология и строение. Корякская сопка является стратовулканом. Вулкан имеет форму ребристого конуса с немного срезанной к западу вершиной. Конус изоборужен глубокими радиально расходящимися от вершины барранкосами; склоны конуса крутые: в нижней части крутизна до 20°, в верхней — до 30—35°. Абсолютная высота вулканической постройки 3456 м, относительная высота от 2300 м (на севере) до 3300 м (на юге) (рис. 146).

В бортах барранкосов наблюдается переслаивание лавовых потоков различной мощности и разного состава — от базальтов до андезитов. В привершинной части, с южной стороны, преимущественно лавовый разрез сменяется лаво-агломератовым, здесь преобладают вулканические агломераты жерловой фации.

На южном склоне в бортах барранкосов видны отпариванные радиальные дайки базальтов, которые, соединяясь одна с другой, образуют фрагмент системы подводных каналов. Отдельные дайки прослеживаются вверх по склону на 800 м; мощности даек от 2—3 до 6—7 м. На гребнях барранкосов сохранились останцы радиальных даек, сложенных андезитами и андезито-базальтами. Цепочки останцов прослеживаются на расстоянии до 400—500 м по склону, мощности даек от 5 до 20 м. В верхней трети центрального конуса, на северо-западном склоне, на высоте 2700—2800 м расположены три конические дайки андезитов [Маренина и др., 1962]. Протяженность даек 100—200 м, мощность 3—6 м; они наклонены к осевой части вулкана под углами от 40 до 80°.

В западной части вершинного гребня расположен современный кратер — небольшая чашеобразная округлая выемка диаметром 180—200 м, высота уцелевших стенок 20—30 м. С юга кратер открыт и из него вниз по барранкосу стекает короткий лавовый поток. С этим субтерминальным кратером связаны многие лавовые потоки, бронирующие западный и северо-западный склоны Корякского вулкана (рис. 148).

В северной части вершины расположен цирк диаметром около 500 м и глубиной более 100 м, отделенный от современного кратера узким гребнем. Возможно, этот цирк является древним кратером, расширенным ледниковой эрозией [Маренина и др., 1962]. В цирке зарождаются два наиболее крупных ледника, спускающихся по барранкосам к подножию вулкана. Ледники северо-восточного склона тоже находятся в глубоких барранкосах. Длина ледников от 1,0 до 4,2 км, площадь от 0,2 до 1,3 км², суммарная площадь 4,5 км². Ледниковая эрозия склонов конуса проявлена слабо. Стадии сокращения современных ледников фиксируются конечными голоценовыми моренами.

Одной из характерных особенностей строения вулкана является система северо-восточных разломов, проходящих через вулканический конус и смешивающих его северо-западную часть (рис. 149). Эти разломы являются частью структурного шва, формирующего юго-восточный борт Термального рифта [Масуренков и др., 1987]. Заложившись в среднем плейстоцене, рифт продолжает развитие в настоящее время как наложенная, секущая структура, вовлекающая в прогибание все новейшие образования. Корякский вулкан, расположенный на пересечении юго-восточного борта рифта с разломом северо-западного простираения, оказался вовлеченным в это прогибание своим северо-западным сегментом. Амплитуда смещения в голоцене составляет, по-видимому, десятки метров. Оползание значительной части конуса в рифт заметно искажает морфологию вулкана, ослабляет его северо-западный сегмент.

На склонах и у подножия вулкана хорошо просматриваются многочисленные шлаковые и лавовые конусы, сформированные побочными извержениями.

Возраст и история развития. Определенных данных о времени начала деятельности Корякского вулкана не имеется. Нижний предел устанавливается на основании перекрытия древними корякскими лавами образований плиоцен-нижнечетвертичного комплекса. Широкое развитие у подножия вулкана пояса морен второй фазы верхнеплейстоценового оледенения позволяет считать, что в конце верхнего плейстоцена он был крупным центром оледенения и уже существовал в виде, близком к современному [Мелекесцев и др., 1970]. Предположительно начало деятельности вулкана относится к верхнему плейстоцену.

Современная постройка Корякского вулкана образована в два этапа. В начальный этап деятельности последовательными излияниями лав оливин-клинопироксеновых плагиобазальтов и пироксеновых андезито-базальтов была сформирована постройка с абсолютной высотой до 2,5 км, судя по положению этих пород на склонах вулкана. На втором этапе, в конце верхнего плейстоцена — первой половине голоцена, вулканическое сооружение наращивалось преимущественно потоками лав двупироксеновых андезито-базальтов

¹ Геологическую карту см. в гл. 25 (вулкан Авачинский).

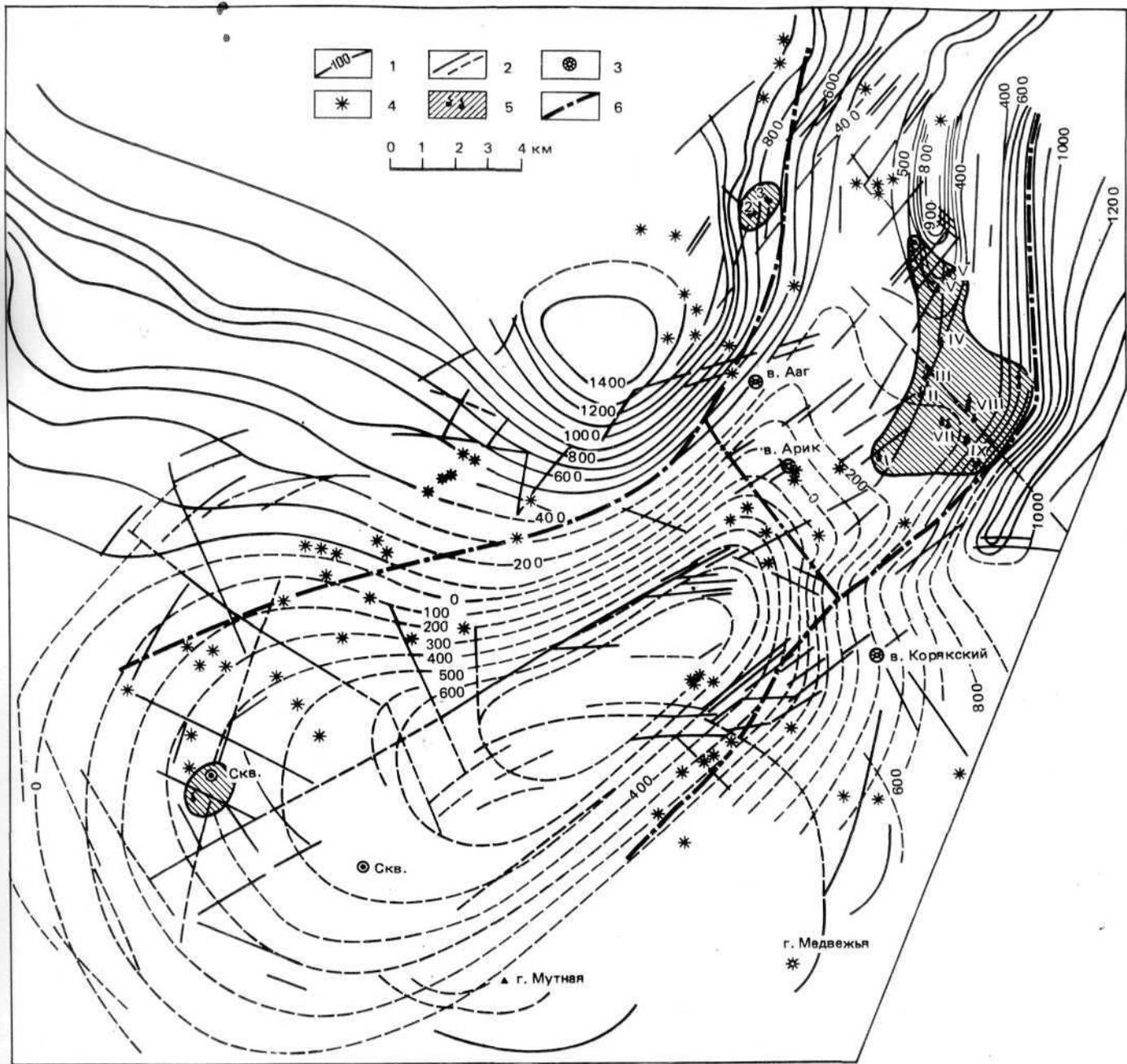


Рис. 146. Схема рельефа поверхности досреднеплейстоценовых образований в районе вулкана Корякского

Т — изогипсы поверхности досреднеплейстоценовых образований, м над уровнем моря; 2 — разломы; 3 — кратеры стратовулканов; 4 — одноактные вулканические аппараты (конусы, экструзии); 5 — районы распространения термальных и минеральных вод, номера источников и их групп; 6 — оси перегибов поверхности, формирующих (по Ю.П. Масуренкову) борта Термального рифта и ступень на его дне

Fig. 146. A scheme of the relief of pre-Middle Pleistocene units in the region around Koryaksky volcano

1 — Isohypsometric lines of the surface of pre-Middle Pleistocene units, metres above sea level; 2 — faults; 3 — craters of stratovolcanoes; 4 — single-phase volcanic apparatuses (cones, extrusions); 5 — areas of thermal and mineral waters, the numbers of the springs and their groups; 6 — axes of the bends of the surface that according to Yu.P. Masurenkov, form the flanks of the Thermal rift and a step on its floor

и андезитов. В первой половине голоцена, кроме лав андезито-базальтов, после них из субтерминальных и латеральных кратеров изливались потоки лав дупироксеновых, а затем роговообманковосодержащих андезитов. Последними сформировались отдельные шлако-лавовые конусы на склонах и у подножия Корякского вулкана, сложены эти конусы оливиновыми базальтами.

В результате голоценовых излияний у юго-западного подножия вулкана образовались обширные лавовые поля. Сильных эксплозивных извержений в голоцене вулкан Корякский не имел, тефра почвенно-пирокластических чехлов, перекрывающих лавовые потоки, представлена в основном тефрой Авачинского

вулкана. Корреляция разрезов почвенно-пирокластических чехлов со сводным разрезом голоценовых пирокластических образований Авачинского вулкана, в составе которого есть пирокластические потоки с радиоуглеродной датировкой, позволила установить, что наиболее интенсивная вулканическая деятельность Корякского вулкана в голоцене совпадает с периодами эксплозивных извержений на вулкане Авача в диапазоне 3500—7000 лет назад.

Описание извержений. В историческое время деятельность Корякского вулкана была весьма умеренной, преимущественно слабой фумарольной. В конце 1956 г. началось слабое, чисто эксплозивное извержение вулкана, продолжавшееся до мар-



Рис. 147. Вулкан Корякский. Вид с юга со стороны г. Петропавловска-Камчатского. Фото В.Е. Гиппенрейтера
Fig. 147. Koryaksky volcano. A southern view from Petropavlovsk-Kamchatsky. Photo by V.Ye. Gippenreiter



Рис. 148. Вулкан Корякский, Снято с Авачинского вулкана. Хорошо видны побочные центры излияний на юго-восточном склоне вулкана Корякского. Фото В.Е. Гиппенрейтера

Fig 148. Koryaksky volcano- The photo was taken from Avachinsky volcano. Pronounced are adventive centres of eruptions on the southeastern slope of Koryaksky volcano. Photo by V. Ye. Gippenreiter

та 1957 г. [Сирин, Тимербаева, 1959]. В ходе извержения на северо-западном склоне (на высоте 3000—3100 м) образовалась субтерминальная трещина длиной 400—500 м, шириной 10—15 м, из которой, так же как и из кратера, происходили неоднократные газопепловые выбросы и интенсивное выделение газов. Относительная высота выбросов достигала 350 м, средняя скорость до 150 м/с. Обычно пепел выпадал в пределах конуса, редко на расстоянии до 17—18 км от вулкана; площадь, одновременно покрытая пеплом, не превышала 3—4 км². Высота газовых столбов достигала 1700 м, обычная относительная высота фумарольных струй не превышала 200 м. (рис. 150—152).

Продукты извержения. Породы Корякского вулкана представлены базальтами, андезито-базальтами и андезитами.

Выделяются оливиновые базальты, оливин-клинопироксен-плаггиоклазовые базальты, двупироксеновые андезиты и андезито-базальты (табл. 24). Во вкрапленниках оливиновых базальтов резко преобладает оливин, в других породах главным минералом-вкрапленником является плаггиоклаз.

По химическому составу породы вулкана относятся к умеренно-калиевым известково-щелочным базальтам, андезито-базальтам и андезитами, а также к разностям базальтов и андезито-базальтов, промежуточным между умеренно- и низкокалиевыми. Последние характерны для нижней части разреза,

Таблица 24

Средний химический состав пород Корякского вулкана, % массы

Оксиды	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	51,43	52,32	50,26	54,54	54,79	57,89	56,38	56,78	65,86
TiO ₂	0,92	0,82	1,01	0,91	0,71	0,65	0,63	0,46	0,63
Al ₂ O ₃	17,47	17,52	16,26	17,58	18,42	18,05	12,22	10,01	11,92
Fe ₂ O ₃	3,54	4,04	2,64	2,14	3,02	2,70	1,31	1,42	1,18
FeO	6,07	5,18	6,97	6,54	5,17	3,90	3,10	1,86	4,02
MnO	0,18	0,21	0,17	0,15	0,17	0,15	0,22	0,60	0,17
MgO	6,80	6,85	9,06	4,92	4,06	3,81	2,04	2,62	1,89
CaO	9,18	8,67	9,23	8,42	7,99	6,94	21,90	22,50	11,15
Na ₂ O	2,90	2,71	2,64	3,15	3,32	3,59	1,02	0,38	0,38
K ₂ O	0,69	1,36	0,83	0,72	1,34	1,50	0,43	0,10	0,10
H ₂ O	0,28	0,34	0,43	0,15	0,23	0,32	0,07	0,45	0,82
H ₂ O*	0,10	0,24	0,19	0,39	0,21	0,13	0,35	1,14	1,48
CO ₂	—	—	—	—	—	—	0,42	2,14	0,18
P ₂ O ₅	0,24	0,16	0,17	0,23	0,24	0,19	—	—	—
Сумма	99,80	100,42	99,86	99,84	99,67	99,82	100,09	100,46	99,78

Примечание. 1 — базальты верхнего плейстоцена (7 ан.); 2 — умеренно-калиевые базальты конца верхнего плейстоцена (4 ан.); 3 — магнезиальные базальты голоцена (6 ан.); 4 — андезито-базальты верхнего плейстоцена (2 ан.); 5 — умеренно-калиевые андезито-базальты конца верхнего плейстоцена (9 ан.); 6 — андезиты голоцена (12 ан.); 7—9 — xenolites пироксен-плаггиоклазовых скарнов.

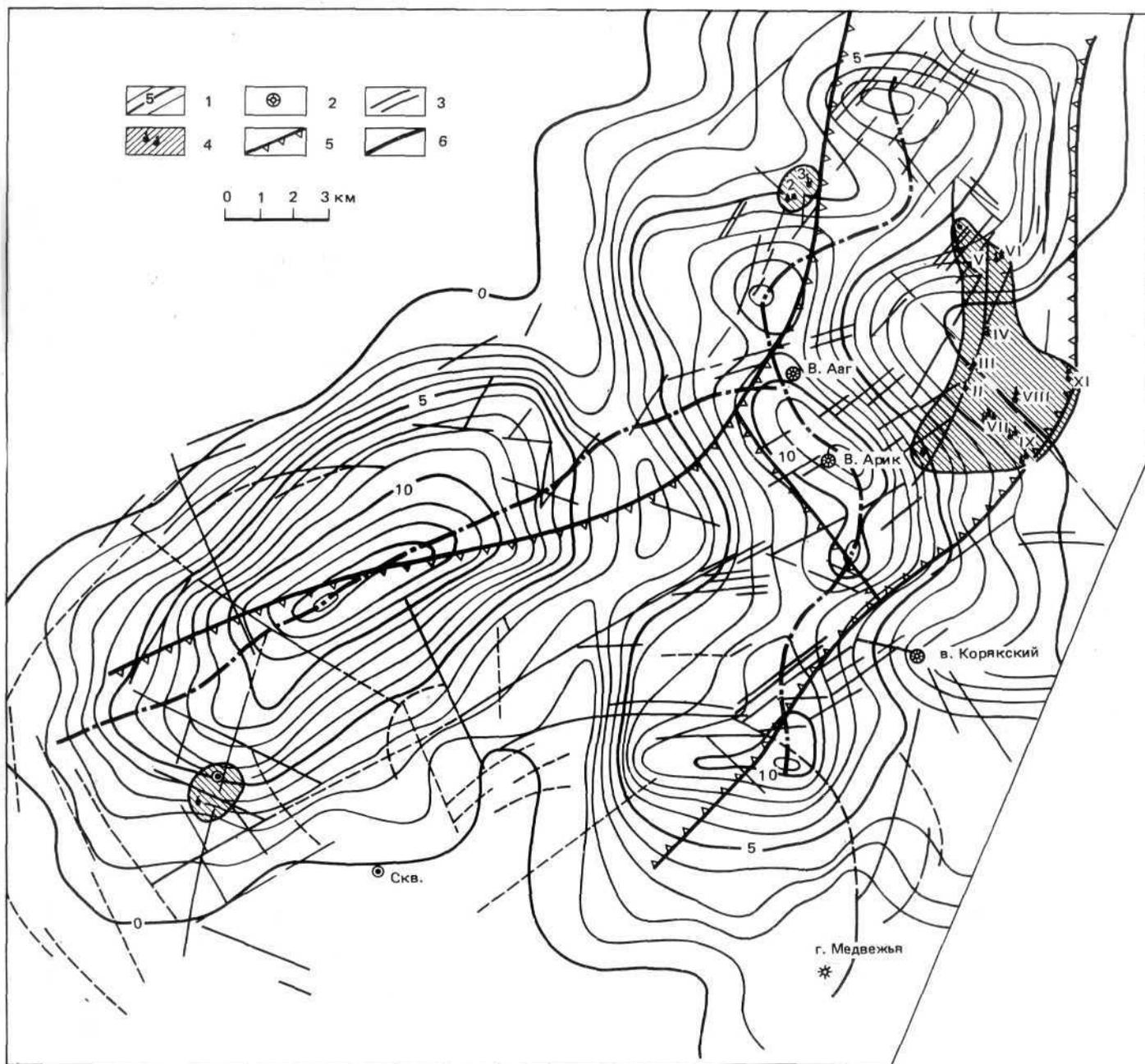


Рис. 149. Схема плотности вулканических аппаратов в районе вулкана Корякского
 1 — изолинии плотности (число—количество аппаратов на 36км²); 2 — кратеры стратовулканов; 3 — разломы; 4 — районы проявления термальных и минеральных вод, номера источников и их групп; 5 — оси перегибов поверхности досреднеплейстоценовых образований, формирующие, по Ю.П. Масуренкову, борта Термального рифта и ступень на его дне; 6 — оси, проходящие через центры сгущения вулканических аппаратов

Fig. 149. A scheme of density of volcanic apparatuses in the region around Koryaksky volcano

1 — density isolines (the number is the amount of apparatuses per 36km²); 2 — craters of stratovolcanoes; 3 — faults; 4 — areas of thermal and mineral waters, the numbers of springs and their groups; 5 — axes of bends of the surface of pre-Middle Pleistocene units which according to Masurenkov form the flanks of the Thermal rift and a step on its floor; 6 — axes through centres of densely distributed volcanic apparatuses

тогда как верхняя часть постройки сложена умеренно-калиевыми лавами (табл. 24). Изменение состава лав в каждой части разреза постройки происходит в гомодромной последовательности. В нижней части разреза преобладают базальты, в верхней — андезито-базальты, но большинство голоценовых потоков сложено андезитовыми лавами. Базальтовые лавы собственно Корякского вулкана относятся к породам высокоглиноземистого ряда, а наиболее молодые лавы голоценовых шлаколавовых конусов соответствуют магнезиальным базальтам.

Несмотря на сравнительно небольшой диапазон кислотности корякских вулкаников, укладываемый в 8% содержания окиси кремния, в действительности породы вулкана весьма неоднородны. Это проявляется еще на уровне базальтов, среди

которых выделяются по химическому составу три разновидности, отличающиеся содержанием окиси калия и магния.

Среди ксенолитов в вулканиках Корякского вулкана встречаются в очень небольшом количестве породы мелового фундамента — мало измененные песчаники и алевролиты. Подобно Авачинскому вулкану, здесь встречаются ультраосновные породы — перидотиты (лерцолиты, гарцбургиты), пироксениты, имеющие аналогичный состав с авачинскими. Значительно больший интерес представляют ксенолиты пироксен-плагиоклазовых и кварц-пироксен-плагиоклазовых скарнов (табл. 25). По калий-натриевому отношению и степени переработки они существенно отличаются от пород мелового фундамента, представляя, по-видимому, отторженцы кристаллического основания.



Рис. 150. Вулкан Корякский. Южный склон. Видны раннеголоценовые лавовые потоки побочных излияний. В бортах одного из барранкосов хорошо различимы отпрепарированные дайки базальтов. Фото В.Е. Гиппенрейтера

Fig. 150. Koryaksky volcano. A southern slope. Early Holocene lava flows from lateral vents are pronounced. In the flanks of one of the barrancos are distinct worked-on basaltic dykes. Photo by V.Ye. Gippenreiter



Рис. 151. Вулкан Корякский, северо-западный склон В предвершинной его части фумаролы приурочены к трещине, образовавшейся в результате извержения 1956–1957 гг. Фото Н.П. Смелова

Fig. 151. Koryaksky volcano, a northwestern slope. Fumaroles at the summit are associated with a fissure resulting from the 1956–1957 eruption. Photo by N.P. Smelov



Рис. 152. Вершина Корякского вулкана. Выходы фумарол по трещине на северо-западном склоне вулкана, образовавшейся а конце 1956 г. На вершине вулкана — скалистый гребень разрушенного кратера. Фото В.Е. Гиппенрейтера

Fig. 152. The summit of Koryaksky volcano. Vents of fumaroles along the fissure on the northwestern slope of the volcano which opened late in 1956. At the summit of the volcano is a cliffy crest of the destroyed crater. Photo by V. Ye. Gippenreiter

Фумаролы, возгоны, источники. После эксплозивного извержения 1956—1957 гг. на северо-западном склоне постоянно действует группа фумарол. Опробование этих фумарол проводилось в августе 1962 г. [Кирсанов и др., 1964; Серафимова, 1979] и в июне 1983 г. [Таран, 1985] (табл. 25). Был определен изотопный состав воды и углекислоты фу-

маролы 213°C [Таран, 1985]:

$$\begin{array}{ccc} \text{S}^{18}\text{O} & & \text{SD} & \text{S}^{13}\text{C} \\ & & \text{‰ SMOW} & \text{‰ PDB} \\ +0,1 & & -58 & -11,5 \end{array}$$

Поверхность парящих площадок покрыта возгонами серы, опала, алунита, гипса, галотрихита, пиккерингита, моли-

Таблица 2S

Химический состав фумарольных газов Корякского вулкана, об. %, без коды

Дата отбора	T°C	H ₂ O, моль %	CO ₂	SO ₂	H ₂ S	HCl	HF	NH ₃	H ₂	CH ₄	CO
II. VIII. 1962	86	88,6	96,98	0,35	0,26	0,05	—	—	2,32	—	Сл.
5. VI. 1983	213	94,5	88,6	1,07	5,36	1,49	0,06	0,05	1,29	2,00	"
—	—	94,6	87,6	1,20	5,90	1,59	0,06	0,05	1,40	2,15	"

Примечание. [Серафимова, 1979; Таран, 1985].

зита, лавренсита, нашатыря белого, желтого, беловато-зеленого цвета [Кирсанов и др., 1964]. На вершине вулкана в интервале высот 3200—3400 м обнаружены также и древние фумарольные площадки [Гущенко, 1959; Кирсанов и др., 1964]. Интересно, что усиление фумарольной деятельности Корякского вулкана иногда сопровождается извержениями вулкана Авачинского. Так было в 1895 [Маргаритов, 1899], в 1926 г., когда наблюдался также и однократный выброс пепла [Новограбленов, 1926], в 1945 г. [Главацкий, 1948].

Пространственно и, по-видимому, генетически с Корякским вулканом связаны термальные и холодные углекислые источники. Они расположены у северных подножий вулкана в истоках рек Шумной илевой Налачевой. Всего насчитывается одиннадцать групп источников с температурой от 10 до 51°С и минерализацией от 0,5 до 3 г/л.

Геофизическая характеристика. Положению Авачинско-Корякской группы вулканов в гравитационном поле соответствует отрицательная аномалия силы тяжести, причем вулканы расположены на ее северо-восточном ограничении, Корякский вулкан — ближе к ее центру. Природу аномалии, по-видимому, следует связывать с наличием здесь линзы разуплотненных слоев кристаллического и мелового фундамента. Действительно, по данным ГСЗ, в районе юго-западных подножий группы вулканов можно ожидать увеличения мощности пород кристаллического и мелового фундамента [Балеста, 1981]. На вероятное положение аномальных зон под вулканами, связанных с процессом магмообразования, указывают данные сейсмического просвечивания вулканов и изучения распределения гипоцентров землетрясений [Фарберов, 1974]. Установлено, что при прохождении продольных и поперечных волн под вулканами их относительная интенсивность уменьшается в несколько раз, ослабление сейсмических сигналов сопровождается искажением спектрального состава колебаний. Эти аномалии наряду с наличием под вулканами асейсмичных областей интерпретируются как зоны вероятной локализации магматических очагов. Предполагается, что с глубины 30—40 км питания Корякского и Авачинского вулканов осуществляется раздельно. При этом установлено, что под Корякским вулканом на уровне верхней мантии расположена зона

с наиболее аномальными свойствами, характеризующаяся наибольшими поперечными размерами. Возможно, что на большей глубине (до 100 км?) аномальные зоны под Корякским и Авачинским вулканами соединяются в единое магмогенерирующее тело. Его положение в плане совпадает с положением группы вулканов, а размеры могут достигать 15X40 км. По форме это тело подобно сужающемуся сверху конусу. Уверенных данных о наличии под Корякским вулканом периферического корового очага не имеется.

Вулканическое районирование, прогноз извержений. Корякский вулкан по особенностям развития, составу пород и типам извержений подобен вулкану Палео-Авача. Если последний после первого этапа вулканизма прошел длинный путь развития, включающий два ритма с мощными эксплозивными и эффузивными фазами, то Корякский вулкан остался на первом этапе: тот же механизм главным образом эффузивных извержений, те же основные породы с небольшой добавкой средних, тот же путь гомодромного развития. Судя по фактическому угасанию вулканической деятельности во второй половине голоцена, вулкан находится в длительной паузе, продолжающейся 3—3,5 тыс. лет. Между тем наличие исторических извержений свидетельствует о том, что вулкан не угас. Это дает основание предположить, что затянувшаяся пауза предвещает новый этап вулканизма, который может быть подобен второму этапу развития Авачинского вулкана с начальной фазой эксплозивных извержений. Это означает, что можно ожидать возобновления вулканической деятельности Корякского вулкана в виде катастрофических эксплозий. Разумеется, такая постановка вопроса предполагает необходимость более тщательного геолого-геофизического изучения вулкана.

Местом предполагаемого возобновления извержений, вероятнее всего, будет его северо-западный сегмент, ослабленный секущими конус разломами. Возможные направления взрывов: юго-запад, запад, северо-запад, север. Пораженными могут оказаться территории на расстоянии до 30 км вдоль этих направлений. Пароксизмальное извержение может предвещаться землетрясениями. Предполагаемый ход событий не исключает возможности слабых извержений эксплозивного и эффузивного характера.

Synonym. Koryakskaya sopka, Streloshnaya sopka.

Location. Coordinates of the summit: 53°17'N, 158°54'E.

Geographic position. The volcano is located close to Avachinskaya sopka northwest of it.¹ It belongs to the Avachinskaya group of a NW-trending series of volcanoes. Masurenkov believes that the volcano is situated at the intersection of longitudinal and transverse faults. The longitudinal fault forms the southeastern flank of the Thermal rift, a NE-trending regional structure. The structure comprises Upper Pleistocene-Holocene volcanoes and present hydrothermal systems. The transverse fault is part of the Nalachevo zone aligned by the entire row of the Avachinsky-Koryaksky group of volcanoes [Masurenkov, Komkova, 1978; Masurenkov et al., 1987].

Geology of the basement. The base of Koryaksky volcano exposes andesitic and basaltic lavas, agglomerate tuffs, tuffoconglomerates and tuffogravelites of the Pliocene-Lower Quaternary complex. On the northwest, the Koryakskaya sopka is bounded at its base by the structures of Aaga and Arika volcanoes (Figs 145, 147). The pre-Quaternary basement, which is common for Koryaksky and Avachinsky volcanoes, comprises in contiguous areas intrusive, volcanic, volcano-sedimentary Upper Cretaceous and Neogene units.

Morphology and structure. Koryakskaya sopka is a stratovolcano. The volcano is shaped as a ribbed cone with a summit slightly cut off westward. The cone is grooved by deep, radial barrancos; the slopes of the cone are steep: up to 20° in the lower part, and up to 30-35° in the upper. The absolute height of the volcano is 3456 m, the relative height from 2300 m in the north to 3300 m in the south (Fig. 146).

Barranco flanks show interlayered lava flows with variable thickness and compositions ranging from basalts to andesites. In the southern side of the summit, the predominantly lava section gives way to lava-agglomerates, with vent facies of volcanic agglomerate predominating.

On the southern slope, the barrancos flanks show eroded radial dykes of basalts which, merging, represent a fragment of the conduit system. Separate dykes can be traced up the slope for 800 m; the dykes are from 2-3 to 6-7 m thick. The crests of the barrancos have preserved relics of radial dykes composed of andesites and andesite-basalts. Chains of the relics can be traced for over 400-500 m along the slope, and the dykes are from 5 to 20 m thick. In the upper third of the central cone, on the northwestern slope there are three conic andesitic dykes 2700-2800 m high. The dykes are 130-200 m long, and 3-6 m thick. They are tilted to the axial part of the volcano at angles from 40 to 80°.

The present crater in the western part of the summit ridge is a small bowl-like hole 180-200 m in diameter, the survived walls are 20-30 m high. The crater opens to the south, and a short lava flow pours out from it along the barranco. This subterminal crater breeds many lava flows that armor the western and northwestern slopes of Koryaksky (Fig. 148).

The northern part of the summit is a cirque about 500 m in diameter and over 100 m deep; from the present crater, it is separated by a narrow crest. This cirque may be an ancient crater broadened by glacial erosion. The cirque accommodates the beginning of the two biggest glaciers that descend down the barrancos to the foot of the volcano. Glaciers of the northeastern slope are also in deep barrancos.

The glaciers are from 1.0 to 4.2 km long, occupying from 0.2 to 1.3 km², the summary area is 4.5 km². Glacial erosion of the slopes is weak. Stages in the reduction of present glaciers are marked by terminal Holocene moraines.

One of the features of the volcano's structure is the system of northeasterly faults transecting the volcanic cone and setting off its northwestern part (Fig. 149). These faults are part of the suture that constitutes the southeastern flank of the Thermal rift [Masurenkov et al., 1987]. Emplaced in the Middle Pleistocene, the rift is developing now as an overlaying, transecting structure that involves new and new structures into subsidence. Koryaksky volcano situated at the intersection of the southeastern flank of the rift with a NW-trending fault was drawn in sinking at its NW sector. Displacement amplitude must have been scores of metres in the Holocene. Sliding of the greater part of the cone into the rift distorts the morphology of the volcano and weakens its northwestern segment.

Numerous cinder and lava cones resulting from adventive eruptions are distinct on the slopes and at the foot of the volcano.

Age and evolution. There is no reliable evidence of the time of onset of Koryaksky activity. The lower limit is suggested by ancient Koryak lavas covering the strata of the Pliocene-Lower Quaternary complex. Widely developed moraines of the second phase of the Upper Pleistocene glaciation at the foot of the volcano suggest that at the end of the Upper Pleistocene the volcano was a big centre of glaciation and was close to the present volcano in appearance [Melekestsev et al., 1970]. The onset of the activity is tentatively referred to the Upper Pleistocene.

The present structure of Koryaksky volcano has been formed in two stages. Successive flows of lavas of olivine-clinopyroxene plagioclases and pyroxene andesite-basalts at the initial stage formed an almost 2.5 km high structure, judging by the position of these rocks on the slopes of the volcano. At the second stage, at the end of the Upper Pleistocene-first half of the Holocene, the volcanic structure was accreted mostly by lavas of bipyroxene andesite-basalts and andesites. In the first half of the Holocene, lavas of andesite-basalts were followed by lavas of bipyroxene and then horn-blende-bearing andesites flowing from subterminal and lateral craters. Separate cinder-lava cones on the slopes and at the foot of Koryaksky were the last to form; they are composed of olivine basalts (Figs 150-152).

Holocene eruptions produced vast lava fields at the southwestern foot of the volcano. No strong explosive eruptions of Koryaksky were registered in the Holocene; tephra of soil-pyroclastic veneers covering lava flows is represented largely by the tephra of Avachinsky volcano. As a result of correlation of soil-pyroclastic veneers with the summary section of Holocene pyroclastics of Avachinsky which includes radiocarbon-dated pyroclastic flows, the most intense volcanic activity of Koryaksky in the Holocene has been shown to coincide with the periods of explosive eruptions of Avachinsky volcano 3500-7000 years ago.

Description of eruptions. The historic activity of Koryaksky was rather moderate and largely weakly fumarolic. The end of 1956 was marked by a weak, purely explosive eruption of the volcano which continued until March, 1957 [Sirin, Timerbaeva, 1959]. The eruption formed a subterminal fissure 400-500 m long and 10-15 m wide on the northwestern slope (at a height of 3000-3100 m). Similar to the crater, the fissure periodically ejected gas and ash and released

¹ For the geologic map, see Chapter 25 (Avachinsky volcano).

gases. The relative height of the jets was as high as 350 m, the average rate up to 150 m/sec. The ash fell mainly on the cone, rarely as far as 17-18 km from the volcano; the area simultaneously covered with ash did not exceed 3-4 km². The gas jets were up to 1700 m high, and the relative height of fumarolic jets rarely exceeded 200 m.

Products of eruption. Koryaksky rocks are represented by basalts, andesite-basalts and andesites.

Distinguished are olivine basalts, olivine-clinopyroxene-plagioclase basalts, bipyroxene andesites and andesite-basalts (Table 24). Phenocrysts of olivine basalts are sharply dominated by olivine, in other rocks the main phenocryst mineral is plagioclase.

Table 24

Average Chemical Composition of Rocks of Koryaksky Volcano, per cent of Mass

Oxides	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	51.43	52.32	50.26	54.54	54.79	57.89	56.38	56.78	65.86
TiO ₂	0.92	0.82	1.01	0.91	0.71	0.65	0.63	0.46	0.63
Al ₂ O ₃	17.47	17.52	16.26	17.58	18.42	18.05	12.22	10.01	11.92
Fe ₂ O ₃	3.54	4.04	2.64	2.14	3.02	2.70	1.31	1.42	1.18
FeO	6.07	5.18	6.97	6.54	5.17	3.90	3.10	1.86	4.02
MnO	0.18	0.21	0.17	0.15	0.17	0.15	0.22	0.60	0.17
MgO	6.80	6.85	9.06	4.92	4.06	3.81	2.04	2.62	1.89
CaO	9.18	8.67	9.23	8.42	7.99	6.94	21.90	22.50	11.15
Na ₂ O	2.90	2.71	2.64	3.15	3.32	3.59	1.02	0.38	0.38
K ₂ O	0.69	1.36	0.83	0.72	1.34	1.50	0.43	0.10	0.10
H ₂ O	0.28	0.34	0.43	0.15	0.23	0.32	0.07	0.45	0.82
H ₂ O*	0.10	0.24	0.19	0.39	0.21	0.13	0.35	1.14	1.48
CO ₂	—	—	—	—	—	—	0.42	2.14	0.18
P ₂ O ₅	0.24	0.16	0.17	0.23	0.24	0.19	—	—	—
Total	99.80	100.42	99.86	99.84	99.67	99.82	100.09	100.46	99.78

Note. 1 — Upper Pleistocene (7 an.); 2 — K-moderate basalts of the late Upper Pleistocene (4 an.); 3 — Holocene magnesian basalts (6 an.); 4 — Upper Pleistocene andesite-basalts (2 an.); 5 — K-moderate andesite-basalts of the late Upper Pleistocene (9 an.); 6 — Holocene andesites (12 an.); 7-9 — xenoliths of pyroxene-plagioclase scams.

Chemically, rocks of the volcano belong to K-moderate, calc-alkaline basalts, andesite-basalts and andesites, as well as to those varieties of basalts and andesite-basalts that are intermediate between K-moderate and K-low. The latter are typical of the lower part of the section whereas the upper part of the volcanic structure is built up with K-moderate lavas (Table 24). Changes in the composition of lavas in each part of the volcanic structure follow the homodromic sequence. The lower part of the section is dominated by basalts, the upper part by andesite-basalts, though most of the Holocene flows are andesitic lavas. Basaltic lavas of Koryaksky volcano proper belong to rocks of the high-aluminous series whereas the youngest lavas of Holocene cinder-lava cones correspond to magnesian basalts.

Though the acidity range of Koryak volcanics is rather narrow covering a meagre 8% of SiO₂, actually the rocks of the volcano are rather variable. This can be observed even at the level of basalts which are distinguished into three varieties with different SiO₂ and MgO content.

Xenoliths of Koryaksky volcanics have been found to contain minor amounts of rocks of the Cretaceous basement: poorly altered sandstones and siltstone. Similar to Avachinsky, Koryaksky volcano show ultrabasic rocks: peridotites (lherzolites, harzburgites), pyroxenites with the composition identical with that of Avachinsky. Much more interesting are xenoliths of pyroxene-plagioclase and quartz-pyroxene-plagioclase scams (Table 25). In the K-Na-ratio and

Table 25

Chemical Composition of Fumarolic Gases of Koryaksky Volcano, Volume per cent, Water-Free

Sampling date	T °C	H ₂ O mole %	- CO ₂	SO ₂	H ₂ S	HCl	HF	NH ₃	H ₂	CH ₄	CO
11. VIII. 1962	86	88.6	96.98	0.35	0.26	0.05	—	—	2.32	—	Tr
5. VI. 1983	213	94.5	88.6	1.07	5.36	1.49	0.06	0.05	1.29	2.00	Same
—	—	94.6	87.6	1.20	5.90	1.59	0.06	0.05	1.40	2.15	Same

Note. [Serafimova, 1979; Taran, 1985].

degree of reworking, they differ much from the Cretaceous basement rocks and must have been therefore relics of the crystalline basement.

Fumaroles, sublimates, springs. After the 1956-1957 explosive eruption, there is a constantly active group of fumaroles on the northwestern slope. They were sampled in August, 1962 [Kirsanov et al., 1964; Serafimova, 1979] and in June, 1983 [Taran, 1975] (Table 25). The isotopic composition of water and carbonic acid of a 213° C fumarole [Taran, 1985]:

S ¹⁸ O	SD	S ¹³ C
+0.1	-58	-11.5
	‰ SMOW	‰ PDB

The surface of steaming spots is covered with sublimates of sulphur, opal, alunite, gypsum, halotrichite, pickeringite, molysite, lawrencite and white, yellow and whitish-green ammonium chlorides [Kirsanov et al., 1964]. Between 3200 and 3400 m at the summit of the volcano there is evidence of ancient fumarolic areas [Gushchenko, 1959; Kirsanov et al., 1964]. Interestingly, heightening of fumarolic activity may sometimes accompany the eruptions of Avachinsky volcano. This was the case in 1859 [Margaritov, 1899], and in 1926, with simultaneous ejection of ash [Novograblenov, 1926], and in 1945 [Glavatsky, 1948].

There are spatial, and probably genetic, links between Koryaksky volcano and thermal and cold carbonaceous springs. They are located at the northern foot of the volcano in the sources of the Shumnaya and Levaya Nalachevskaya rivers. Altogether, there are eleven groups of springs with temperatures from 10 to 51° C and mineralizations from 0.5 to 3.1 g/l.

Geophysical characteristic. The position of the Avacha-Koryak group of volcanoes in the gravity field corresponds to the negative gravity anomaly, and the volcanoes are located in its northeastern extreme, with Koryaksky volcano closer to its centre. The nature of the anomaly can be related with the presence of a lens of loosened layers of the crystalline and Cretaceous basement. The DSS data suggest increased thickness of the rocks of the crystalline and Cretaceous basement around the southwestern foot of the group of volcanoes [Balesta, 1981]. Hypothetical **anomalous** zones below the volcanoes related with magma generation are inferred from seismic radiation of the volcanoes and the distribution of earthquake hypocentres [Ferberov, 1974]. It has been shown that the relative intensity of longitudinal and transverse waves decreases several times below the volcanoes, while weakening of seismic signals is accompanied by distortion of the spectral composition of the oscillations. Together with aseismic regions registered below the volcanoes, these anomalies are interpreted as zone of probable magma chambers. It is assumed that feeding of Koryaksky and Avachinsky is separate from depths of 30-40 km. Beneath Koryaksky at the level of the upper mantle there is a zone of the most highly anomalous properties and the largest size. Thus the anomalous zones below Koryaksky and Avachinsky volcanoes can merge in a single magma-generating body at greater depths (to 100 km?). The position of the body in plan coincides with that of the group of the volcanoes, while the size may be 15 X 40 km. Its shape resembles a cone. However, there is no reliable evidence of a peripheral crustal magma chamber underneath Koryaksky.

Distribution, prognosis of eruptions. In history, composition of rocks and types of eruptions, Koryaksky volcano is similar to Paleo-Avacha volcano. However, while the latter had a long history after the first stage of volcanism, including two cycles with strong explosive and effusive phases, Koryaksky remained at the first stage:

the same mechanism of mostly effusive eruptions, the same basic rocks with minor admixtures of intermediate, and the same homodromic evolution. Actual attenuation of volcanic activity in the later half of the Holocene suggests that the volcano is in the state of a long pause that has been continuing for 3-3.5 thousand years. However, historic eruptions prove that the volcano is not extinct. Therefore, there are reasons to believe that the long pause may usher in a new stage of volcanism which can be identical to the second stage of the Avachinsky evolution, with an initial phase of explosive eruptions. This means that we can expect resumption of

Koryaksky volcanic activity in the form of catastrophic explosions. Certainly, this hypothesis requires a more careful geologo-geophysical study of the volcano.

A probable site for the resumed eruptions can be its northwestern segment weakened by the transecting faults. Possible directions of the explosions are SW, W, NW and N. The effected areas will be to 30 km from the volcano along the indicated directions. The paroxysmal eruption can be preceded by earthquakes. The hypothetical course of events does not rule out weak eruptions of explosive and effusive types.