

УДК 552.313:550.4+551.21

© 1998 г. ВОЛЫНЕЦ О.Н., МЕЛЕКЕСЦЕВ И.В., ПОНОМАРЕВА В.В.,
ЯГОДЗИНСКИ Дж.М.**ХАРЧИНСКИЙ И ЗАРЕЧНЫЙ ВУЛКАНЫ - УНИКАЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ
ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БАЗАЛЬТОВ
НА КАМЧАТКЕ: СТРУКТУРНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ, МОРФОЛОГИЯ,
ВОЗРАСТ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВУЛКАНОВ**

Рассмотрены особенности пространственного распределения и структурная позиция проявлений магнезиальных базальтов и андезитов в пределах Северной группы вулканов Камчатки и зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островодужных систем. Описаны морфология и геологическое строение нигде более не встречающихся на Камчатке многоактных вулканов Харчинский и Заречный, сложенных магнезиальными базальтами, а также Харчинской региональной зоны шлаковых конусов. Приведены сведения об их возрасте и истории формирования. Определены объем и вес пород вулканических построек (не менее $75-83 \text{ км}^3$ и $(185...205) \cdot 10^9 \text{ т}$), оценена их продуктивность. Обращено внимание на молодость (последние 40-50 тыс. лет) извержений магнезиальных пород на территории Северной группы вулканов и сопредельных участках, а также на то, что это произошло здесь впервые за антропоген.

KHARCHINSKII AND ZARECHNYI VOLCANOES, UNIQUE CENTERS OF LATE PLEISTOCENE MAGNESIAN BASALTS IN KAMCHATKA: TECTONIC SETTING, MORPHOLOGY, AGE AND GEOLOGIC STRUCTURE, by Volynets O.N.*, Melekestsev I.V.*, Ponomareva V.V.* and Yagodzinski J.M.** We studied the spatial distribution and tectonic setting of magnesian basalts and andesites in the Kamchatka Northern volcanic group and in the junction zone of the Kuril-Kamchatka and Aleutian island arcs. Morphology and geologic structure are described for Kharchinskii and Zarechnyi volcanoes, which are the only stratovolcanoes in Kamchatka built of magnesian basalts, as well as for a zone of cinder cones north of Kharchinskii. Their ages and eruptive histories are considered. We estimate the volume and weight of the volcanic edifices (at least $75-83 \text{ км}^3$ and $(185...205) \cdot 10^9 \text{ т}$) and magma discharge. During Pleistocene magnesian magmas first came to the surface in the Northern volcanic group and adjacent areas only 40-50 thousand years ago.

(Received April 4, 1997)

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

** *Dickinson College, Faculty of Geology, Carlisle, Pa., 17013-2896, USA*

Одним из важнейших в петрологии изверженных пород является вопрос о составе первичных (примитивных) магматических расплавов, порождающих в конечном счете все разнообразие магматитов, хотя расплавы, родоначальные для пород конкретных вулканов, в силу различных петрогенетических процессов могут быть достаточно далеко смещены по составу от таких первичных выплавов. Так, несмотря на преобладание среди базальтов островных дуг и активных окраин континентов высокоглиноземистых разновидностей, которые реально могут быть родоначальными расплавами для ассоциирующихся с ними андезитов и дацитов, первичные магмы этих глобальных структур, как считают многие ученые, отвечают редко встречающимся

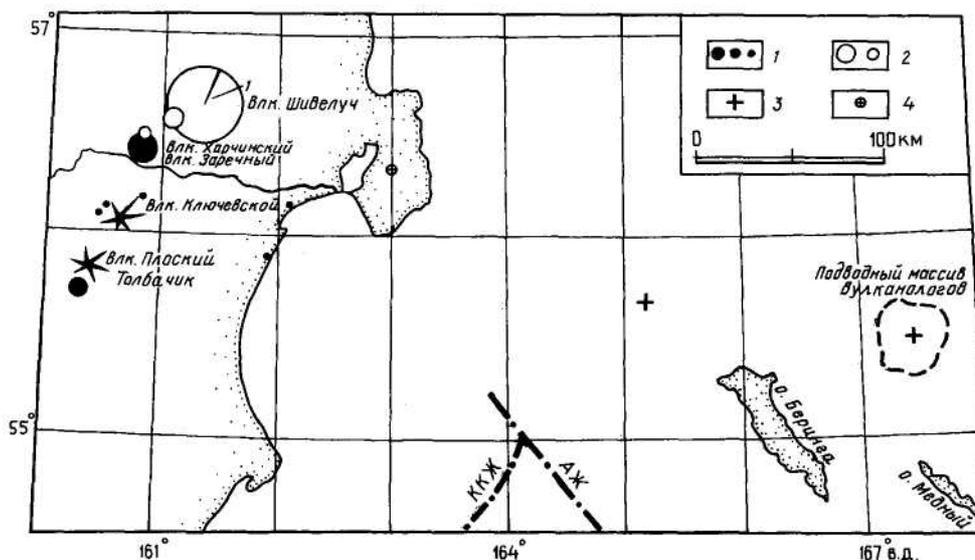


Рис. 1. Центры и места находок магнезиальных пород в зоне сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг: / - (размер пропорционален весу изверженного материала) - магнезиальные базальты многоактивных вулканов и одноактивных центров; 2 - породы другого состава; 3 - места находок магнезиальных андезитов на морском дне; 4 - место находок андезитов на п-ове Камчатский. ККЖ - ось Курило-Камчатского глубоководного желоба, АЖ - Алеутского желоба

здесь магнезиальным базальтам [1,22, 24, 25 и др.]. Действительно, только базальты с высоким магнезиальным номером ($K_{mg} = 0,65...0,75$) и высоким содержанием Cr (> 500 ррт) и Ni ($> 150-200$ ррт) должны быть равновесны с мантийным перидотитом, тогда как глиноземистые базальты, как показывают результаты математического моделирования, в ряде случаев могут быть получены из расплавов магнезиальных базальтов при процессах полибарического фракционирования (см., например, [1]). Именно в связи с близостью магнезиальных базальтов к примитивным магмам их проявления всегда вызывали особый интерес петрологов и геохимиков.

На большей части территории Камчатки, как и в других переходных зонах континент — океан, магнезиальные базальты редки и встречаются обычно лишь среди базальтов одноактивных форм ареальных зон и побочных прорывов или в виде отдельных потоков в постройках некоторых стратовулканов [3].

Однако в пределах северной части Центральной Камчатской депрессии проявления магнезиальных базальтов имеют и более важное геологическое значение, ибо здесь они не только присутствуют среди вулканических пород Толбачинской и Харчинской региональных зон шлаковых конусов и побочных прорывов Ключевского вулкана, но и формируют два крупных многоактивных стратовулкана Харчинский и Заречный, что является уникальным примером для Камчатки. Несмотря на это, оба названных вулкана и наложенная на них Харчинская региональная (по терминологии Б.И. Пийпа [18]) зона шлаковых конусов оставались до последнего времени неоправданно мало изученными. Им посвящено всего три небольших публикации [12, 16, 17], где изложены результаты рекогносцировочных исследований перечисленных объектов в 1969, 1936 и 1958 гг. соответственно.

Уникален в отношении магнезиальных пород и сам район северной части Центральной Камчатской депрессии в целом, вместе с прилегающим к нему с востока горстовым поднятием хребта Кумроч.

Во-первых, помимо того, что только там находятся сложенные магнезиальными породами многоактивные вулканические постройки, одноактивные эруптивные центры, извергавшие такие породы, встречаются в этом районе намного чаще, чем в других

местах на Камчатке, причем обращает на себя внимание следующий факт: все известные пока эруптивные центры и места находок магнезиальных пород приурочены к относительно узкой, почти треугольной (или, скорее, трапециевидной) в плане субширотной зоне (рис. 1). В пределах полуостровной суши эруптивные центры магнезиальных пород сосредоточены между 55°30' и 56°40' с.ш., на дне Камчатского пролива они драгированы с НИС "Вулканолог" в трех точках с координатами: 55°41' с.ш. и 165°11' в.д.; 55°41' с.ш. и 165°12' в.д.; 55°42' с.ш. и 165°09' в.д. [26]. На подводном вулкане Пийпа в вулканическом массиве Вулканологов - на широте 55°30' с.ш. [4]. Длина зоны ~ 430 км при ее ширине на западе ~ 130 км и на востоке 20-25 км.

Во-вторых, за исключением магнезиальных андезитов, драгированных в Камчатском проливе, возраст которых соответствует позднему миоцену [4], и позднемиоцено-плиоценовых даек, сложенных породами сходного состава на полуострове Камчатского мыса (неопубликованные данные О.Н. Волынца), остальные магнезиальные породы извержены совсем недавно - в позднем плейстоцене - голоцене. Подобный возраст имеет, в частности, самый крупный здесь вулканический массив Шивелуч [14], сложенный андезитами (доминируют) и андезитобазальтами. По результатам проведенных в последние годы исследований, даже в голоцене наряду с андезитами (более 50 датированных извержений) вулкан Молодой Шивелуч дважды извергал необычные для него породы, амфиболсодержащие магнезиальные умеренно калиевые андезитобазальты 7600 ¹⁴С-лет назад (л.н.) и магнезиальные высококалиевые базальты с флогопитом и амфиболом - 3600 ¹⁴С-л.н. [5]. Большинство магнезиальных базальтов в пределах Ключевской группы вулканов вообще извержено после 3000-3500 ¹⁴С-л.н. [2 и др.]. Многочисленные многоактные вулканические постройки на побережье Камчатского залива, образованные магнезиальными базальтами [19, 20], возникли в позднем плейстоцене.

Благодаря этому выявленные вулканические постройки, сформированные магнезиальными породами, хорошо диагностируются по генезису и с высокой точностью (по геологическим меркам) датируются. Сравнительно легко реконструируются динамика и последствия создавших их извержений, устанавливается связь с различными тектоническими структурами, в том числе и с разрывными нарушениями. Сами же породы из-за своей молодости фактически не изменены последующими процессами и отличаются по большей части свежестью, что облегчает их аналитическое изучение и получение объективных геохимических результатов.

Вследствие названных причин, а также приуроченности ареала распространения магнезиальных пород к зоне сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг, детальное комплексное исследование имеющихся здесь вулканических форм и слагающих их магнезиальных пород, возможно, даст ключ к лучшему пониманию геодинамики подобных зон сочленения, выявлению особенностей и закономерностей происходящих там процессов магмообразования. В этом плане Харчинский и Заречный вулканы, данные по которым излагаются в настоящей работе, являются лишь первыми объектами таких исследований.

Структурное положение вулканических образований. Харчинский (56°25'6 с.ш., 160°34'3 в.д., абсолютная высота 1400,3 м) и Заречный (56°22'9 с.ш., 160°34'3 в.д., абсолютная высота 754 м) вулканы территориально входят в Северную группу вулканов, которая кроме них включает еще Ключевскую группу вулканов и вулкан Шивелуч. В структурном плане регионального характера они, как и все вулканы Северной группы, приурочены к наиболее широкой части грабен-синклинали Центральной Камчатской депрессии [10], в межрегиональном масштабе - к зоне сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг (см. рис. 1). Последние являются главными элементами геодинамической системы северо-западной Пацифики, и не исключено, что именно их взаимодействие на глубине оказалось решающим фактором, предопределившим появление над зоной их сочленения Северной группы вулканов - самой крупной на Камчатке и одной из крупнейших в мире.

Северная группа вулканов имеет ряд отличительных черт, резко выделяющих ее на фоне других вулканических образований антропогенного возраста на Камчатке [10, 13]. Во-первых, это максимальная концентрация на ограниченной площади (~ 6500 км²) множества гигантских и самых высоких на Камчатке молодых вулканов, четыре из которых относятся к действующим [10]. Во-вторых, здесь на 300-400 тыс. лет извержено ~ 6200 км³ вулканических продуктов общим весом ~ 15 • 10¹² т, т.е. чуть меньше 1/3 всего материала, вынесенного на поверхность на Камчатке за 800-850 тыс. лет [13], причем больше половины его количества - в течение позднего плейстоцена - голоцена (последние 50 тыс. лет.). Столь высокая интенсивность выноса магматического вещества в это время ставит Северную группу вулканов в один ряд с так называемыми "горячими точками" (hot spots): о-в Гавайи, о-в Исландия, Галапагосские о-ва и др. Наконец, в Северной группе вулканов сосредоточено > 90% общего объема весьма редких на Камчатке молодых магнезиальных пород, имеющих здесь состав от андезитов до базальтов.

Заметно отличается Северная группа вулканов от соседних с ней участков по строению и глубине дочетвертичного фундамента под расположенными там вулканическими постройками, а также обилием прекрасно выраженных в рельефе разрывных нарушений [10, 15]. Она располагается в северной части обширной (280 x 130 км) области позднеплейстоцен-голоценовых относительных и абсолютных опусканий с весьма сложным строением фундамента [13]. Под центральной ее частью - Ключевской группой вулканов - опускание фиксируется даже на уровне границы М (Мохоровичича), которая там на 2-2,5 км ниже, чем в сопредельных районах [9]. Максимальные скорости и амплитуды современных и голоценовых опусканий характерны для участков с наибольшей интенсивностью выноса магматического вещества (Ключевская сопка, Толбачинский дол и др.). Наоборот, участки, где вулканическая активность прекратилась или ослабла, опускаются сейчас медленнее или даже испытывают воздымание. Правда, поднятие там менее интенсивное, чем у сопрягающегося с ними горста хребта Кумроч.

Возникновение этой огромной и четко выраженной области опускания обусловлено, по мнению авторов [13], исключительно быстрым накоплением на поверхности и на глубине в плейстоцене и голоцене, но особенно в позднем плейстоцене — голоцене, огромных объемов вулканитов и внедрившейся магмы. Поскольку в пределах Ключевской группы вулканов вынос магматического материала на поверхность отличался максимальной интенсивностью, ее территория испытала самое большое прогибание. Если учесть, что в структурах типа островных дуг на поверхность падает лишь 1/4-1/5 общего объема внедрившейся в литосферу магмы [23], то суммарный объем изверженного и оставшегося на глубине магматического материала должен быть увеличен в 4-5 раз, т.е. до ~ 25...30 тыс.км³. Таким образом, опускание под Северной группой вулканов носило, вероятнее всего, компенсационный характер [13].

Реакцией на прогибание послужило поднятие и деформация сопредельных участков - хребтов Козыревского, Быстринского, Тумрок, Кумроч. На границе зон поднятий и опусканий сформировалась сложная и густая сеть разрывных нарушений и возникли многочисленные вулканические сооружения, в том числе и очень крупные. Алней-Чашаконджа, Шивелуч (рис. 2), Кизимен и др.

Как за пределами Северной группы вулканов, так и на ее территории преобладают разрывные нарушения типа сбросов с вертикальной амплитудой от нескольких до 250 -300 м.

В пределах самой Северной группы для голоцена (по современным представлениям, это последние ~ 11,5 тыс. лет) скорость опускания отдельных блоков находилась в прямой зависимости от субсинхронной интенсивности выноса вещества конкретными вулканами, поэтому она была максимальна там, где такая интенсивность тоже была максимальной (под вулканами Ключевским и Безымянным, Толбачинской региональной зоной шлаковых конусов, вулканом Молодой Шивелуч), а минимальной, где вулканическая активность прекратилась в позднем плейстоцене или в

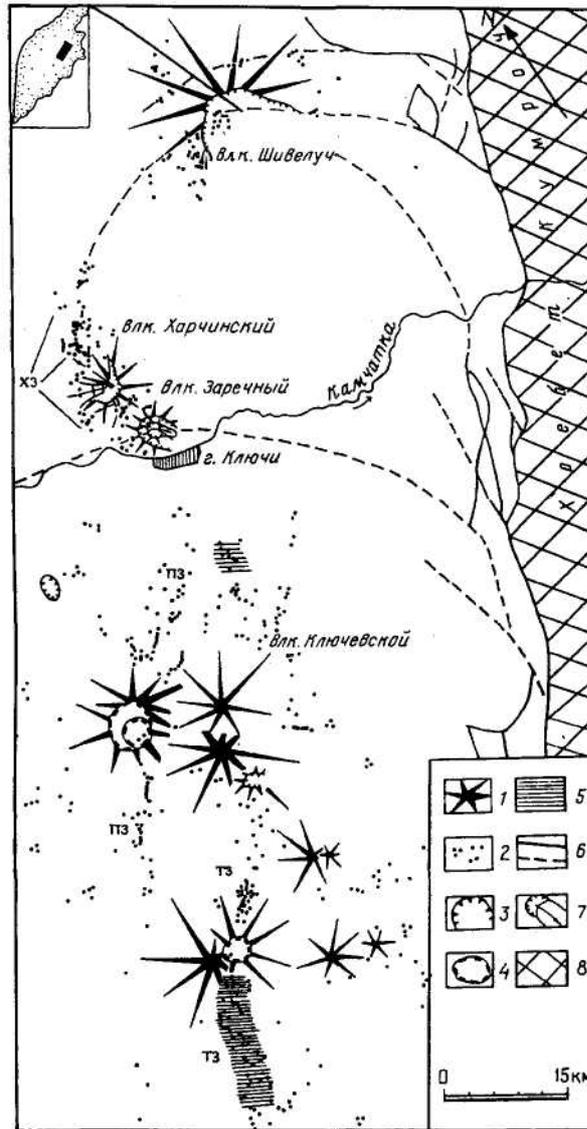


Рис. 2. Местоположение Харчинского и Заречного вулканов. Харчинской региональной зоны шлаковых конусов (ХЗ) в пределах Северной группы вулканов: / — многоактные вулканы; 2 — одноактные эруптивные центры; 3 - уступы кальдер обрушения, крупнейших обвально-взрывных и взрывных кратеров; 4 - кальдеры гавайского типа; 5 - участки извержений позднеголоценовых магнезиальных базальтов в Ключевской группе вулканов; 6 - тектонические и вулканотектонические нарушения разных типов (а - выраженные в рельефе, б - предполагаемые и погребенные под молодыми отложениями); 7 - вулканотектонические и сеймотектонические обвалы (стрелки показывают направление перемещения блоков и грубообломочного материала); 8 - горстовое поднятие хребта Кумроч. ПЗ — региональная зона шлаковых конусов Плоских сопок. ТЗ - Тобачинская региональная зона шлаковых конусов

начале голоцена (щитовой вулкан Плоских сопок) [15]. Участки, где вулканизм завершился еще раньше, в голоцене испытывали воздымание — Удинский и Хапичинский долы. Из-за разности в скоростях поднятий все эти участки разделены выраженными в рельефе или погребенными под молодыми отложениями разрывными нарушениями. Однако во многих случаях последние маркируются эпицентрами неглубоких коровых землетрясений.

Рассматриваемые вулканы Харчинский и Заречный тоже, вероятно, находятся вблизи одного из таких разломов, проходящего вдоль субширотного отрезка долины р. Камчатка (рис. 2). Он разделяет медленно (~ 4 м за 10 тыс. лет) опускающийся блок с щитовым вулканом Плоских сопок на правом берегу р. Камчатка и более интенсивно погружающийся (или погружавшийся в Q_3^4 - Q_4^1) блок с вулканом Заречный на ее левом берегу. Благодаря опусканию нижняя часть (100-200 м) постройки вулкана Заречный как бы утоплена под толщей более молодых отложений.

Сами вулканы и наложенная на них Харчинская региональная зона шлаковых конусов, по-видимому, приурочены к дугообразной в плане зоне разрывных нарушений, выпуклой стороной обращенной на запад. Эта зона трассируется прежде всего множеством насаженных на нее одноактных эруптивных центров региональной зоны. Однако на ней находятся и кратеры многоактных Харчинского и Заречного вулканов. Сама же Харчинская зона разрывных нарушений является северным звеном 200-километровой зоны растяжения, протянувшейся от вулкана Шивелуч на севере до восточного склона плиоцен-раннеплейстоценового щитообразного вулкана Николка - на юге [2]. Предполагается, что эта протяженная зона растяжения возникла в середине верхнего плейстоцена, 40-50 тыс. л.н., одновременно с началом последнего этапа базальтового ареального вулканизма Камчатки. На первом этапе растяжение и скорость поступления базальтов были наиболее интенсивными, сформировались гигантские щитообразные базальтовые пьедесталы Плоских сопок и Толбачинского массива, а также вулкан Харчинский. Позднее (в интервале 30-15 тыс. л.н.), когда интенсивность выноса глубинного вещества уменьшилась, а коэффициент эксплозивности возрос, вдоль зоны возникли существенно пирокластические стратовулканы, в том числе вулкан Заречный.

Морфология, геологическое строение, особенности развития и возраст. Вулканы Харчинский и Заречный вместе с наложенной на них большей частью Харчинской региональной зоны шлаковых конусов образуют обособленный и компактный вулканический массив субмеридионального простирания (рис. 2 и 3) на левом берегу р. Камчатка против города Ключи. Крайний северо-восточный фрагмент зоны шлаковых конусов имеет вид отдельного мини-хребтика, образованного из ~ 10 слившихся между собой шлаковых и лавовых конусов разного размера, а также туюя. По измерениям авторов, длина эллипсоидного в плане основания главного массива вместе с аккумулятивными равнинами его подножия 22 км, максимальная ширина 14 км, площадь ~ 220 км², мини-хребтика - 4,4x1,5 км и 6,5 км² соответственно.

Прямых сведений о возрасте и составе фундамента, на котором непосредственно располагается вулканический массив, нет. Однако, судя по тому, что к СЗ от него в пределах постройки вулкана Шивелуч имеется выход осадочных пород неогена, вытолкнутых на поверхность экструзивным телом (наблюдение одного из авторов), а ксенолиты таких пород встречены в лавах этого вулкана, можно предположить наличие аналогичного по возрасту и составу пород фундамента и для изученного вулканического массива.

Первое упоминание об указанном вулканическом образовании, правда, без указания его происхождения, относится еще к XVIII в. В знаменитой книге С.П. Крашенинникова это: «...каменная гора, называемая Тым, которая верст на 11 вниз по Камчатке продолжаясь составляет берег ея...» (орфография и синтаксис сохранены [11, с. 14]). Так там описан вулкан Заречный, подрезаемый руслом р. Камчатка. В более поздних работах [7, 8, 18 и др.] вулканы Харчинский и Заречный чаще известны под названием вулканы Харчинских гор.

Слагающие вулкан Заречный лавы в береговых обрывах на р. Камчатка впервые наблюдал и кратко описал К. Богданович [21]. По данным А.Н. Заварицкого [8], в строении конуса этого вулкана участвуют лавы базальтового или андезитобазальтового (?) состава.

Однако первая относительно детальная характеристика морфологии и пород Харчинского и Заречного вулканов приведена в работе А.А. Меняйлова [16], который

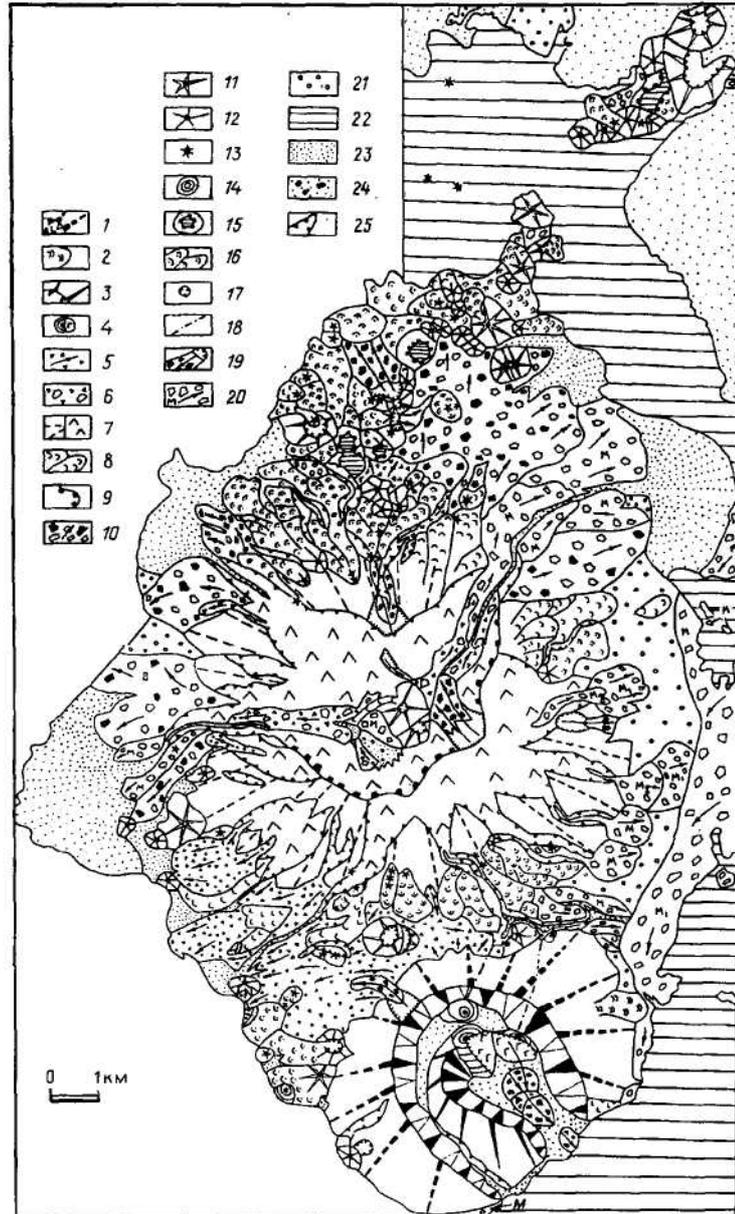


Рис. 3. Геолого-геоморфологическая карта Харчинского вулканического массива (Q_3^{3-4}): 1-6 - вулкан Заречный (1 - сомма вулкана Заречный I (а - разрушенные ее фрагменты), 2 - лавовые потоки, 3 - сомма вулкана Заречный II, 4 - экструзивные куполы (а - сохранившиеся части, б - разрушенные), 5 - шлаковые пирокластические потоки (стрелки показывают направление движения материала), 6 - неразделенные шлаковые пирокластические потоки и морена Q_3^4); 7-10 - вулкан Харчинский (7 - конус вулкана (в - сохранившиеся фрагменты склонов, б - сильно разрушенные), 8 - лавовые потоки, 9 - бровка обвального цирка, 10 - отложения обвально-осыпных конусов); 11-17 - одноактные вулканические формы (11 - крупные, 12 - средние и мелкие, 13 - не выраженные в масштабе, 14 - андезитовые экструзивные куполы, 15 - туюя, 16 - лавовые потоки, 17 - кратеры); 18-25 - прочие формы (18 - разрывные нарушения, 19 - обвалы, 20 - морены (Q_3^4), 21 - флювиогляциальные отложения (Q_3^4), 22 - озера и озерные террасы (Q_4), 23 - пролювиальные конусы выноса (Q_4), 24 - обвально-осыпные конусы выноса (Q_4), 25 - эрозионные уступы)

предположил, что оба вулкана "...являются близнецами, питавшимися из одного очага через северо-северо-восточный разлом, пересекающийся с поперечными трещинами западно-северо-западного направления" [16, с. 54]. Извержения были частыми, пирокластические породы преобладали над лавами. В заключительную фазу развития на вулкане Харчинский возникла кальдера обрушения, а на вулкане Заречный - открытый на юго-восток кратер.

По петрографии породы вулкана Харчинский разделены на три группы: 1) лавы и туфы верхней части конуса - оливин-пироксеновые (+ плагиоклаз) базальты; 2) дайки таких же базальтов, секущие конус; 3) некк - авгитовые и роговообманковые базальты. Содержание SiO_2 в проанализированных образцах колеблется от 47,48 до 51,80%, причем пониженные значения SiO_2 обнаружены в измененных (серпентинизация и хлоритизация) лавах. Отмечено, что лава южной бровки кратера вулкана Заречный близка по химическому составу к лимбургитовому базальту.

В более поздней работе [17] помещена первая схема строения вулкана. Площадь, занимаемая вулканическими сооружениями, оценена в 200 км². Показано, что конус вулкана Харчинский двумя большими оврагами разделен на северную и южную части. В кратере разрушенного вулкана описано коническое возвышение, которое трактуется, вслед за А.А. Меняйловым, как отпрепарированный некк. Вулкан Заречный отнесен к типу Сомма-Везувий, отмечено, что в отличие от вулкана Харчинский он мало изменен эрозионными процессами. Впервые к северу от вулкана Харчинский выявлена цепочка длиной ~ 8 км из семи шлаковых конусов, сложенных оливин-авгитовыми базальтами. Их подстилают лавовые потоки (роговообманковые базальты) Харчинского вулкана. Предполагается, что вулканы Харчинский и Заречный возникли сравнительно быстро до начала первого оледенения Камчатки, в ранне-четвертичное время.

В работе [12] главное внимание уделено петрологии базальтов обоих вулканов, но кратко рассмотрены и другие вопросы: структурное положение вулканов - приуроченность к стабильному блоку перед фронтом Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны; охарактеризован в общем виде разрез Харчинского вулкана - выделено пять комплексов пород. Комплекс I слагает цоколь вулкана до высоты 600 м. Это серия лавовых потоков (мелкопорфировые базальты), разделенных лавобрекчиями и шлаками. Выше - три комплекса существенно порфировых базальтоидных пород: II - крупнопорфировые оливин-пироксеновые базальты, III - порфировые оливин-пироксеновые серпентинизированные базальты, IV - амфиболсодержащие базальтоидные андезиты, переслаивающиеся с редкими порфировыми базальтами. Комплекс V представлен порфировыми долеритами даек, порфировыми долеритами и амфиболсодержащими базальтоидными андезитами некка. Количество пирокластики в разрезах всего 10-20% их общей мощности.

Обнаружено, что вершинная часть вулкана Харчинский разбита трещинами, имеющими простирание 112-118°. По ним отдельные блоки испытали ступенчатое перемещение с амплитудой до 70 м. На субвертикальных плоскостях сместителей отмечены слабо проявленные полосы скольжения и дресва дробления.

Показано, что изученные шлаковые конусы и предположительно плохо обнаженный вулкан Заречный сложены базальтами, однотипными вскрытым в цоколе вулкана Харчинский. На этом основании сделан вывод о единстве состава всех трех вулканических образований и их принадлежности к одной и той же серии пород.

В дополнение к ранее опубликованным, в работе [12] помещены еще семь новых химических анализов пород, а также приведен состав их отдельных минеральных фаз и распределение микроэлементов. С учетом полученных данных утверждается, что для всех разновидностей пород характерны недосыщенность кремнекислотой, понижение содержания глинозема (13-15% против обычных 17—20% в базальтах Камчатки) при высоком содержании MgO (до 10-12%). Обоснована толеитовая природа исходной магмы и ее высокая температура. По сравнению с прошлыми публикациями, некоторые изменения внесены и в представление о морфологии рассматриваемых

вулканических образований. В частности, на схематической геологической карте подчеркнуто расположение шлаковых конусов рядами, а на вулкане Заречный показаны две кальдеры взрыва.

Этим, собственно, и исчерпываются все сведения предшествующих исследователей о рассматриваемых здесь объектах, поэтому настоящий раздел, написанный через 24 года после выхода в свет (1973 г.) предыдущей публикации о Харчинском и Заречном вулканах, опирается главным образом на результаты собственных полевых и камеральных исследований авторов 80-90-х годов и в значительно меньшей степени - на частично ревизованные материалы более ранних работ.

При составлении геолого-геоморфологической карты (рис. 3) в качестве основы, для подсчета площадей и объемов вулканических образований, их реконструкции использованы новые крупномасштабные (1:25 000 и 1:50 000) топокарты. Описание морфологии и определение генезиса вулканических и невулканических форм, их взаимоотношений базировалось на детальном дешифрировании аэрофотоснимков и космических изображений (тоже не задействованных до этого), заверявшемся полевыми наблюдениями. Аэрофотоматериалы и космические изображения намного облегчили выявление, диагностирование и картирование различных вулканических форм и разрывных нарушений, показанных на рис. 2. Датирование разновозрастных геологических образований проводилось по методике, разработанной И.В. Мелекесцевым и изложенной в работах [13, 15 и др.]. Для отделения голоценовых образований от позднеплейстоценовых широко применялся тефрохронологический метод, основанный на детальном изучении облекающего их почвенно-пирокластического чехла. Для характеристики пород, слагающих вулканы, в необходимой мере использованы полученные данные о вещественном составе вулканических пород.

Главный структурообразующий и одновременно самый старый элемент рассматриваемого вулканического массива - сложно построенный Харчинский вулкан. Он поднимается на ~ 1400 м над окружающими равнинами, имеющими над уровнем моря высоту всего 10-30 м, поэтому относительная высота выраженной в рельефе части вулкана практически равна абсолютной. В настоящее время основание вулкана имеет неправильную в плане лопастную форму из-за неравномерной аккумуляции у его подножия обломочного материала различными по водности и размерам постоянными и временными водотоками, а также из-за перекрытия более молодыми образованиями. Резко, например, выделяются обширные аллювиально-пролювиальные конусы выноса в западном, северо-западном и северо-восточном секторах подножия (см. рис. 3). Северный и южный секторы основания постройки погребены породами вулкана Заречный и Харчинской региональной зоны шлаковых конусов.

В морфологии вулкана Харчинский обращает внимание контрастность по степени сохранности отдельных элементов его рельефа - сосуществование почти сохранивших свой первичный облик участков склонов с отчетливо выраженными формами мезорельефа и даже микрорельефа и участков, фактически полностью преобразованных различными процессами разрушения. Последнее особенно относится к центральной части вулканической постройки. Здесь наиболее сильно разрушена вершина вулкана, где располагается гигантский цирк с крутыми (30-45°) стенками, от которого по трем направлениям (на запад, северо-запад и северо-восток) начинаются глубокие долины с V-образным поперечным профилем. Они разделяют вулканическую постройку на три неравные части. Самая крупная из них - южная и юго-восточная, самая мелкая - северо-западная (см. рис. 2 и 3).

Возникновение цирка и ассоциирующихся с ним долин спровоцировано катастрофическим проявлением вулкано-тектонических деформаций. На космических изображениях, где вулкан Харчинский виден целиком, это просматривается особенно наглядно. Отчетливо выделяются главное нарушение субмеридионального простирания и северо-восточное, маркированные соответственно ориентированными отрезками речных долин. Подобная комбинация разрывных нарушений обеспечила общее перемещение ~ 1/3 постройки вулкана на север и северо-запад. Перемещение

блоков сопровождалось дроблением огромных объемов пород, а грубообломочный материал был снесен к подножию вулкана, образовав там гигантские обвально-осыпные конусы выноса. По сравнению с обычными конусами выноса временных и постоянных водотоков (пролювиальными, вулканогенно-пролювиальными, флювиогляциальными и др.) последние отличаются большей выпуклостью и большими уклонами, а их отложения - громадной (сотни метров) мощностью, отсутствием сортировки и преобладанием угловатых обломков.

На стенках обвального цирка и бортах начинающихся от него долин видны следы ледниковой экзарации. Это связано с тем, что после своего образования цирк стал крупным ледоемом, а долины - трогами. Спускавшиеся по трогам ледники оставили сложно построенные моренные комплексы, в пределах которых выделяется до 3-4 конечно-моренных валов - свидетельство 3—4 фаз наступания ледников. Имевшиеся здесь ледники были самыми крупными. На остальных частях вулканической постройки ледники были небольшого размера.

В центре цирка располагается хребтик северо-западного простирания из двух слившихся между собой конусовидных форм, напоминающих по облику нечто среднее между обычными несколько разрушенными шлаковыми конусами и тюйя. На вершинах их довольно хорошо видны кратерообразные углубления. Впервые изучавший этот хребтик А.А. Меньялов [16] и другие исследователи считали его отпрепарированным некком. Однако, по мнению авторов настоящей работы, такой точке зрения противоречит его возраст: он возник уже после образования цирка и, следовательно, не может быть некком. Более вероятно, что специфический облик хребтика объясняется тем, что он связан с внутриледниковым извержением, т.е. относится к тюйя.

Судя по сохранившимся фрагментам первичных склонов вулкана Харчинский, их крутизна близ его вершины достигала 25-30°, постоянно уменьшаясь к подножию конуса до 5-10°. В изученных разрезах повсеместно лавы преобладают над пирокластикой. В сочетании с измеренными углами склонов конуса это дает возможность отнести вулкан Харчинский к типичным существенно лавовым стратовулканам [15].

Преобладающий тип пород вулкана - магнезиальные базальты, причем это в равной мере относится и к его лавам, и к пирокластике. Лавы - это обычно порфиоровые породы с крупными вкрапленниками оливина и клинопироксена (до 20 об.%), редкими субфенокристаллами шпинели и более мелкими лейстами плагиоклаза.

Однако базальты некка (?) или тюйя, а также дайки околожерловой части вулкана Харчинский резко отличаются от остальных его пород. Здесь среди вкрапленников (15-20 об.%) преобладает зеленоватый амфибол, наряду с которым встречается клинопироксен, замещенный серпентином оливин и слабоокрашенная слюда. По набору вкрапленников породы некка (?) и дайки сходны с высококалиевыми магнезиальными базальтами вулкана Шивелуч, изверженными 3600 ¹⁴C-л.н. [5]. Базальты некка (?) и дайки содержат многочисленные мелкие ксенолиты гарцбургитов, перцолитов, вебстеритов.

Андезитобазальты, обнаруженные на Харчинском вулкане в виде единичных лавовых потоков преимущественно в толще туфов из верхней части разреза, где (устное сообщение А.В. Колоскова) встречен даже поток андезитов, отличаются преобладанием среди вкрапленников плагиоклаза, наряду с которым присутствует оливин, клино- и ортопироксен, иногда амфибол, полностью замещенный пироксен-плагиоклазовым агрегатом.

Вулкан Заречный насажен на нижнюю часть южного сектора постройки вулкана Харчинский (рис. 3 и 4). По своей морфологии - это весьма своеобразный вулкан, не имеющий аналога на Камчатке. При взгляде сверху (с самолета или при дешифрировании аэрофотоснимков и космических изображений) хорошо видно, что он представляет собой великолепно сохранившийся вулкан типа Сомма-Везувий. Его морфологически выраженная сомма имеет основание в виде правильного овала, слабо вытянутого с ЮЗ на СВ, размером 7,5x5,5 км и площадью ~ 41 км². На северо-западе максимальная абсолютная высота гребня соммы 754 м, относительная ~ 740 м. На

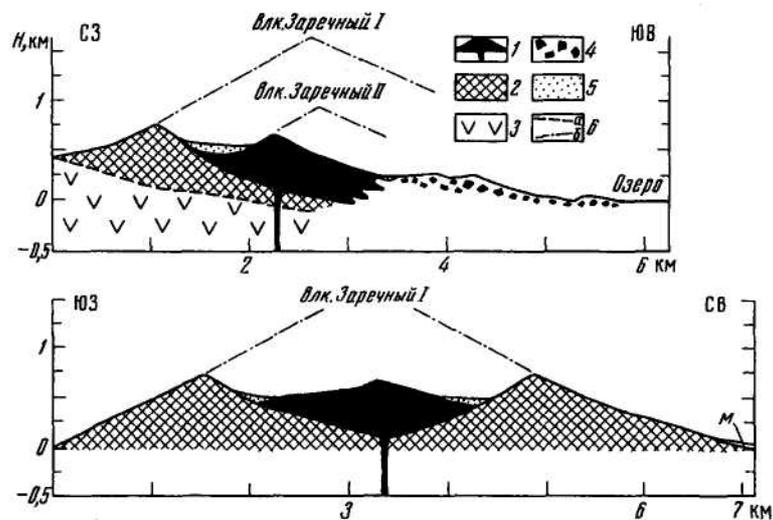


Рис. 4. Геолого-геоморфологический профиль вулкана Заречный: 1 - постройка и подводный канал вулкана Заречный II (Q_3^4); 2 - постройка вулкана Заречный I (Q_3^{3-4}); 3 - породы вулкана Харчинский (Q_3^3); 4 - обвалы отложения (Q_3^4); 5 - рыхлые отложения разного генезиса (Q_4); 6 - предполагаемые границы (а - между постройками разного возраста, б - реконструированные очертания вулканов Заречный I и Заречный II). М - не выраженный в масштабе профиля маломощный покров моренных отложений II фазы позднеплейстоценового оледенения (Q_3^4)

юго-востоке край соммы уходит под урез р. Камчатка, т.е. ниже 10 м над уровнем моря. Размер огромной яйцевидной в плане, приуроченной к ней отрицательной формы (о ее генезисе см. далее 4,5x3,7 км, площадь - 14 км²). Склоны соммы везде отличаются значительной крутизной. Даже у уреза р. Камчатка, в самом ее низу, крутизна склонов обычно не бывает < 15°, в верхней части она равна 25-30°, в связи с чем постройка соммы резко поднимается над прилежащими к ней плоскими озерными и аллювиальными раковинами, издали напоминая по этому признаку остатки очень большого шлакового конуса. Фактически до уничтожения вершинной части это был средний по размерам стратовулкан (назван авторами Заречный I), непонятно только (из-за плохой обнаженности), какого типа: существенно лавовый или существенно пирокластический. В разрезах же привершинной части соммы и сравнительно неглубоких долинах на ее склонах в коренном залегании вскрываются только лавы.

Необычная морфология соммы и отсутствие постепенного перехода ее склонов к окружающим равнинам, как это свойственно нормальным стратовулканам всех типов в аналогичных условиях, объясняется, по мнению авторов, тем, что она здесь частично погребена под мощной толщей более молодых осадков.

Внутри соммы располагается еще одна вулканическая постройка (Заречный II) меньших размера (3,5x2,7 км по основанию) и высоты (659 м), но тоже с крупной (3,2x1,8 км) отрицательной формой типа открытого на юго-восток кратера направленного взрыва, по терминологии Г.С. Горшкова [6]. Судя по сохранившемуся фрагменту этой меньшей постройки, она была комбинированной, состоящей из стратовулкана и нескольких экструзивных куполов (см. рис. 3). Ближе к нижнему краю связанной с ней отрицательной формы на дне последней имеется вытянутая с СЗ на ЮВ возвышенность (см. рис. 4), образованная перемещенными вниз блоками пород, разрушенных обвалами экструзивных куполов. В северном секторе атрио находится также еще один отдельно стоящий купол.

Как у вулкана Харчинский, подавляющая часть пород вулкана Заречный - магнезиальные базальты. Последние у обоих вулканов в целом сходны между собой

по петрографии и химическому составу, хотя и различаются по некоторым признакам. Однако на вулкане Заречный II обнаружены своеобразные андезиты, представленные двумя петрографическими типами пород. Андезиты экструзий вулкана Заречный II - серийно-порфировые породы, содержащие до 30-35 об.% вкрапленников и субфенокристов амфибола и плагиоклаза (в отношении ~ 1:1), редкие субфенокристы ортопироксена и титаномагнетита и единичные зерна оливина. Они обычно несут небольшие (1-3 см) ксенолиты амфибол-клинопироксеновых сланцев, амфиболитов и амфиболовых габбро. Петрографически этот тип андезитов чрезвычайно близок к андезитам молодых экструзий вулкана Шивелуч [5, 14]. Другой тип андезитов - субафировые оливин-клинопироксеновые (+ ортопироксен) породы - встречаются только среди лав эруптивного центра у подножия западного склона вулкана Заречный I.

Дугообразная в плане (см. рис. 2) Харчинская региональная зона шлаковых конусов не только наложена на оба вулкана, но и продолжается к ССВ и СВ от подножия Харчинского вулкана в направлении вулкана Шивелуч. Шлаковой эта зона названа условно, так как помимо шлаковых она включает также лавовые конусы, туюя и взрывные кратеры. Общее количество относящихся к ней одноактных форм ≥ 100 . Генетически с этой зоной, возможно, связан так называемый некк вулкана Харчинский и экструзивные куполы вулкана Заречный.

Среди вулканических образований региональной зоны встречаются как магнезиальные (пироксен-оливиновые базальты и андезитобазальты), так и высокоглиноземистые (пироксен-плагиоклазовые андезитобазальты, андезиты) разновидности. Плагиофировые андезитобазальты шлаковых конусов на северной периферии зоны и из разреза Харчинского вулкана характеризуются пониженным по сравнению с магнезиальными типами пород значениями K_{ms} и менее выраженными известково-щелочными свойствами. По химическому составу и петрографическим особенностям они весьма близки лавам эруптивных центров Байдарного отрога на юго-западном фланге вулканического массива Шивелуч, а также соответствующим типам пород более южных вулканов Северной группы - Ключевского, Камня и др.

Возраст всех вулканических форм Харчинского массива доголоценовый, поскольку в разрезах голоценового почвенно-пирокластического чехла вокруг него никаких следов связанной с ними вулканической активности не обнаружено, причем вулканы Харчинский и Заречный I по соотношению с моренами максимальной стадии II фазы позднеплейстоценового оледенения (возраст 23-24 тыс. лет) сформировались еще до нее. Более того, вулкан Харчинский к этому времени был уже деформирован вулканом-тектоническими процессами, а возникший тогда обвальная цирк и начинающиеся от него долины были использованы ледниками (см. выше). Не исключено, что деформация постройки Харчинского вулкана произошла субсинхронно с катастрофическим кальдерообразующим извержением соседнего с ним вулкана Шивелуч ~ 30 тыс. л.н. [14] или с началом формирования вулкана Заречный I.

Вулкан Заречный II и эруптивные центры Харчинской региональной зоны шлаковых конусов возникли позже - во время II фазы позднеплейстоценового оледенения, которая продолжалась, вероятно, до конца последнего глобального похолодания климата ~11,5 тыс. л.н. Приведенную цифру можно принять в качестве примерной верхней возрастной границы для вулканических образований Харчинского массива.

Их нижняя возрастная граница еще менее определена. Можно датировать ее в значительной мере условно 40-50 тыс. л.н. - началом последнего этапа базальтового ареального вулканизма на Камчатке [13].

Неопределенным остается также и происхождение крупных отрицательных форм на вулкане Заречный. По виду они очень напоминают кратеры катастрофических направленных взрывов типа Безымянный 1956 г. [6]. Однако сходный облик могут иметь обвальная-взрывные и обвальная цирки. К сожалению, коррелятивных им взрывных, обвальная-взрывных или обвальных толщ в окрестностях вулкана Заречный не обнаружено. Скорее всего они вместе с основанием вулкана Заречный I погребены при опускании этого участка под голоценовыми отложениями. Условно выделенные

по аэрофотоснимкам "шлаковые" равнины (см. рис.2) могли быть сформированы из ювенильного материала при любом из перечисленных процессов.

По данным проведенной реконструкции, овальное в плане основание вулкана Харчинский имеет размер 15x12 км и площадь $\sim 150 \text{ км}^2$. Реконструированная относительная высота постройки без учета амплитуды тектонического опускания ее фундамента до разрушения была, вероятно, близка к 1500 м.

По приведенным параметрам и карте масштаба 1:50 000 объем выраженной в рельефе постройки вулкана Харчинский вместе с подножиями оценен в $\sim 45 \text{ км}^3$. Объем скрытой части постройки неизвестен, так как неизвестна глубина фундамента, на которой начал формироваться вулкан. Авторы очень условно предполагают, что фундамент находится на 100-200 м ниже уровня современной поверхности. С учетом названной глубины и площади основания вулкана определен объем шарового сектора ($7,5\text{-}15 \text{ км}^3$), принятый равным объему его невидимой части. Тогда суммарный объем постройки достигнет $52,5\text{-}60 \text{ км}^3$, а вес (при среднем объемном весе пород $2,5 \text{ г/см}^3$) - $(130\text{...} 150) \cdot 10^9 \text{ т}$.

Для вулканов типа Харчинский обычна стромболианская активность, когда объем тефры дальнего разноса не превышает первых процентов общего объема изверженного материала, поэтому при данной точности подсчетов ее объем можно во внимание не принимать.

Реконструированная абсолютная высота вулкана Заречный I (см. рис. 4) 1500-1550 м, что весьма близко к таковой вулкана Харчинский. Однако остальные размеры и объем постройки ($\sim 18 \text{ км}^3$) существенно меньше по сравнению с последним. Судя по наличию шлаковых равнин и огромного кратера (обвальное-взрывное (?) или обвального (?) цирка), наряду со стромболианскими там могли быть субплинианские и плинианские извержения, поэтому, вероятно, гораздо выше был коэффициент эксплозивности и объем (кубические километры) тефры дальнего разноса. В этой связи общий объем и вес изверженного вулканом Заречный I материала должны быть $> 18 \text{ км}^3$ и $45 \cdot 10^9 \text{ т}$ ($18 \text{ км}^3 \times 2,5 \text{ г/см}^3$).

Реконструированные абсолютная высота и объем постройки вулкана Заречный II равны соответственно 900 м и $0,7 \text{ км}^3$, а вес - $1,75 \cdot 10^9 \text{ т}$ ($0,7 \text{ км}^3 \times 2,5 \text{ г/см}^3$). Однако по тем же причинам, что и для вулкана Заречный I, общий вес и вес изверженного им материала были явно больше приведенных величин, возможно даже в 1,5-2 раза, так как для него характерны и андезиты, присутствие которых указывает на резкий рост коэффициента эксплозивности.

По расчетам авторов, 100 эруптивными центрами Харчинской региональной зоны шлаковых конусов извержено $\sim 4 \text{ км}^3$ лавы и пирокластики весом $\sim 8 \cdot 10^9 \text{ т}$.

Таким образом, предположительно за 35—40 тыс. лет эруптивными аппаратами Харчинского вулканического массива вынесено на поверхность свыше $75\text{-}83 \text{ км}^3$ ($(185\text{...}205) \cdot 10^9 \text{ т}$) материала, преимущественно магнезиальных базальтов. Это, вероятно, в 5-10 раз больше, чем для всей Камчатки в позднем плейстоцене - голоцене, включая и занимающую второе место Ключевскую группу вулканов, где магнезиальные базальты начали извергаться намного позже (3-3,5 тыс. ^{14}C -л.н.) и вулкан Шивелуч, где магнезиальные базальты тоже имеют голоценовый (эпизоды 7600 и 3600 14 -л.н.) возраст [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 96-05-65227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арискин А.А., Бармина Г.С., Озеров А.Ю. Генезис высокоглиноземистых базальтов Ключевского вулкана // Петрология. 1995. Т. 3. № 5. С. 496-521.
2. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Флеров Г.Б. и др. Голоценовый вулканизм Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов // Большое трещинное Толбачинское извержение. М.: Наука, 1984. С. 177-223.

3. *Вольнец О.Н., Ермаков В.А., Кирсанов И.Т., Дубис Ю.М.* Петрохимические типы базальтов Камчатки и их геологическое положение // Бюл. вулканол. станций. 1976. №52. С. 115-26.
4. *Вольнец О.Н., Колосков А.В., Ягодзински Дж.М. и др.* Бонинитовая тенденция в лавах подводного вулкана Пийпа и его обрамления (Западная часть Алеутской дуги). 1. Геология, петрохимия, минералогия // Вулканология и сейсмология. 1992. № 1. С. 3-23.
5. *Вольнец О.Н., Пономарева В.В., Бабанский А.Д.* Магнезиальные базальты андезитового вулкана Шивелуч // Петрология. 1997. Т. 5. К» 2. С. 206-221.
6. *Горшков Г.С.* Извержение сопки Безымянной (предварительное сообщение) // Бюл. вулканол. станций. 1957. № 26. С. 13-19.
7. *Дитмар К.* Поездка и пребывание на Камчатке в 1851-1855 гг. Ч. 1. СПб., 1901. 756 с.
8. *Заварицкий А.Н.* Северная группа вулканов Камчатки. М.; Л.: СОПС АН СССР. Сер. Камч. 1935. Вып. 1. 55 с.
9. *Зубин М.И., Таракановский А.А.* Тектоника и особенности поля силы тяжести района Ключевской группы вулканов // Глубинное строение, сейсмичность и современная деятельность Ключевской группы вулканов. Владивосток, 1976. С. 17-27.
10. Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. 440 с.
11. *Крашенинников С.П.* Описание земли Камчатки. Т. 1. СПб., 1755. 438 с.
12. *Кутыев Ф.Ш., Эрлих Э.Н.* К петрологии базальтов Харчинской группы вулканов // Бюл. вулканол. станций. 1973. № 49. С. 83-92.
13. *Мелекесцев И.В.* Вулканизм и рельефообразование. М: Наука, 1980. 212 с.
14. *Мелекесцев И.В., Вольнец О.Н., Ермаков В.А. и др.* Вулкан Шивелуч // Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. М.: Наука, 1991. С. 84-92.
15. *Мелекесцев И.В., Краевая Т.С., Брайцева О.А.* Рельеф и отложения молодых вулканических районов Камчатки. М.: Наука, 1980. 104 с.
16. *Меняйлов А.А.* Вулканы Харчинских гор // Тр. Лаб. вулканологии и Камчатской вулканол. станции. 1949. Вып. 6. С. 53-61.
17. *Огородов Н.В., Белоусов В.И.* Новые данные о вулканах Харчинском и Заречном // Бюл. вулканол. станций. 1961. №31. С. 46-51.
18. *Пийп Б.И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1945 гг. и в прошлом // Тр. Лаб. вулканологии АН СССР. 1956. Вып. 11. 311 с.
19. *Успенский В.Г., Шапиро М.Н.* Позднечетвертичный ареальный вулканизм хребта Кумроч (Восточная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1984. № 3. С. 57-66.
20. *Федоренко С.Н.* Вулканические образования северо-западного побережья Камчатского залива // Бюл. вулканол. станций. 1969. № 45. С. 56-60.
21. *Bogdanowitsch K.* Geologische Skizze von Kamchatka. Petermanns Geogr. Mitteilungen. Heft 3. Gotha. 1904. 34 p.
22. *Fallon E.R., Green D.H.* Glass inclusions in magnesian olivine phenocrysts from Tonga: evidence of highly refractory parental magmas in the Tongian arc // Earth and Planet. Sci. Lett. 1986. V. 81. P. 95-103.
23. *Fischer R.V., Schminke H.U.* Pyroclastic rocks. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 472 p.
24. *Kay S.M., Kay R.W.* Aleutian magmas in space and time // The geology of Alaska. Boulder. CO. Geol. Soc. Amer. The Geology of North America / Eds Plafteir G., Berg H. 1994. V. 1.
25. *Nye C.J., Reid M.R.* Geochemistry of primary and least fractionated lavas from Okmok volcano, Central Aleutians: implication for mantle sources // J. Geophys. Res. 1986. V. 91. P. 10271-10287.
26. *Yogodzinski G.M., Kay R.W., Volynets O.N. et al.* Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region implications for slab melting and processes in the mantle wedge // Geol. Soc. Amer. Bull. 1995. V. 107. P. 505-519.

Институт вулканической геологии
и геохимии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский

Поступила в редакцию
4.04.1997

Дикинсон колледж, Геологический факультет,
Карлайсл, США