

УДК 551.21+550.348

0-650 гг. - ЭТАП СИЛЬНЕЙШЕГО ПРИРОДНОГО КАТАСТРОФИЗМА НАШЕЙ ЭРЫ НА КАМЧАТКЕ

© 2003 г. И. В. Мелекесцев, О. А. Брайцева, В. В. Пономарева, Л. И. Базанова, Т. К. Пинегина, О. В. Дирксен

Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Поступила в редакцию 25.12.2001 г.

Впервые выделен и описан этап сильнейшего в нашей эре многофакторного природного катастрофизма на Камчатке, датированный 0-650 гг. Его главными компонентами были: последние к настоящему времени катастрофические извержения (кальдерообразующее ~240 г., объем пирокластики 18-19 км³, и субкальдерное ~600 г., объем лавы и пирокластики 9.5-10.5 км³), которые сопровождались необратимыми изменениями рельефа на площадях в сотни км² и оказали весьма негативное влияние на многие другие компоненты природной среды.; исключительно интенсивная активность других вулканов (извергалось не менее 75-80% всех действующих и потенциально активных вулканов Камчатки, произошли десятки сильных и катастрофических извержений); региональные катастрофические и сильные пеплопады; резкое, с большой амплитудой (от 1.5-2 до 12-15 м), тектоническое поднятие различных блоков на территории Камчатки; мощные землетрясения, сопровождавшиеся большеобъемными скальными обвалами, оползнями, сильными и частыми цунами. Допускается, что катастрофические события этого времени являются составной частью предполагаемого нами глобального этапа природного катастрофизма начала нашей эры.

Камчатка, как и все другие звенья системы островных дуг обрамления Тихого океана, отличается максимальным разнообразием, силой и частотой опасных природных событий, ассоциирующихся с интенсивно протекающими здесь эндогенными процессами. Так, только в XX в. из 30 действующих и потенциально активных вулканов каждый год находилось в состоянии извержения в среднем по 2-3, в отдельные годы - до 6 вулканов. Многократно отмечались сильные и катастрофические извержения. С 1901 по 1997 г., например, на территории Камчатки и прилегающих акваториях произошли два землетрясения с магнитудой ($M > 8$) (1923 и 1952 г.) и 50 землетрясений с $M > 7.0$ [27]. Землетрясения в феврале и апреле 1923 г., в 1936, 1952, 1969 г. сопровождались мощными цунами [9]. Каждое землетрясение с $M > 7.0-8.0$ уже само по себе представляет большую опасность, особенно, если оно происходит в море вблизи берега или на суше. Не меньшую угрозу создают сильные и катастрофические извержения вулканов и обусловленные ими опасные явления - мощные направленные взрывы, лахары, обильные пеплопады, газонасыщенные ионизированные эруптивные тучи. К еще более катастрофическим последствиям приводит одновременное или субсинхронное проявление частых сильных извержений и землетрясений в региональном масштабе. Примеров подобных комбинаций в XIX и XX вв. на Камчатке не отмечено. Однако, по данным исследований авторов статьи, сотрудников Лаборатории динамической вулканологии Института вул-

канической геологии и геохимии ДВО РАН, они неоднократно имели место на Камчатке раньше [13-15, 20 и др.].

Самый молодой эпизод такого рода был в 1737-1742 гг. [15]. Документальные сведения о катастрофических событиях этих лет заимствованы из работ [10, 39], но они были существенно дополнены результатами наших исследований 1980-1990-х гг. XX в., включая ¹⁴C датирование.

Самый же мощный и продолжительный этап природного катастрофизма за последние 2000 лет пришелся на начало нашей эры (н.э.) - 0-650 гг. Какие-либо документы о событиях того времени на Камчатке отсутствуют. Поэтому все полученные результаты и выводы базируются на геолого- и геоморфолого-вулканологических исследованиях, датирование событий и явлений осуществлялось с помощью ¹⁴C (> 100 дат) и тефрохронологического методов. Для перевода ¹⁴C изотопных дат в календарные проводилась их калибровка по программе в [55]. Использовались маркирующие горизонты вулканических пеплов, для которых были определены ¹⁴C и календарный возраст, вещественный состав и ареалы распространения [3,5,41,42].

К началу [нашей эры] оказались приурочены 4 крупнейших извержения, образовавшие главные маркирующие горизонты тефры: КС₁ кальдерообразующего извержения ~240 г. вулкана Ксудач, ОП субкальдерного извержения ~600 г. Бараний Амфитеатр у подножия вулкана Опа-ла в одноименной кальдере, Ш₃ (~650 г.) и Ш1450

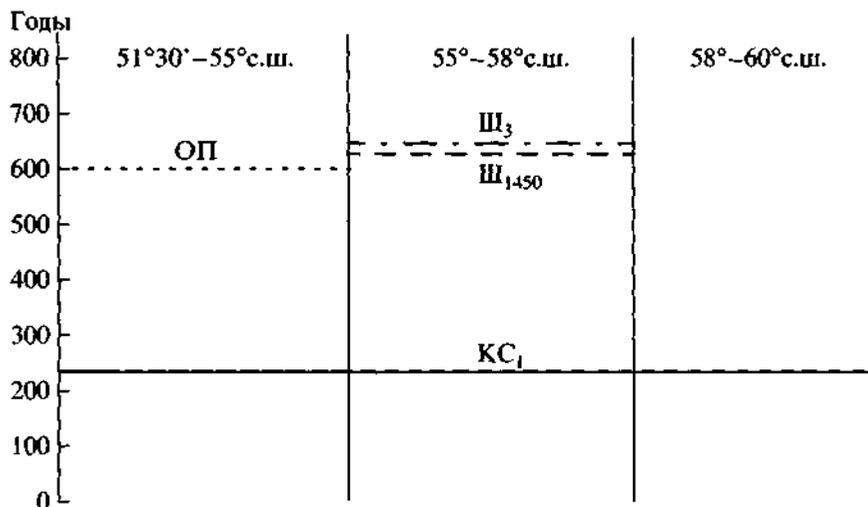


Рис. 1. Взаимоотношение главных маркирующих горизонтов тефры на юге, в центре и на севере Камчатки. КС₁ - тефра кальдерообразующего извержения Ксудач; ОП - тефра субкальдерного извержения "маара" Бараний Амфитеатр; Ш₃ и Ш₁₄₅₀ - тефра извержений ~650 и ~630 гг. вулкана Молодой Шивелуч.

(~630 г.) извержений вулкана Молодой Шивелуч. Их соотношение на юге, в центре и на севере Камчатки показано на рис. 1. Наличие этих и других датированных горизонтов тефры дает возможность точно и надежно определять круг и возраст событий в интервале между 240-650 гг. и самого начала н.э. до отложения пепла КС₁, а также проводить их корреляцию в региональном масштабе.

Проведенные нами исследования показали, что природный катастрофизм 0-650 гг. на Камчатке был многофакторным по генезису (вулканическая деятельность и вулканотектоника, тектонические движения, сейсмичность и сеймотектоника) и многокомпонентным по набору катастрофических событий и явлений, связанных с каждым фактором (рис. 2). Обобщение и анализ литературных источников [4,48,53,56] показали, что начало н.э. в масштабе всего земного шара также отличалось аномально высокой концентрацией катастрофических событий и явлений. Это четко, например, видно по необычно большому, по сравнению с аналогичными по длительности предшествующим и последующим этапами, количеству происшедших тогда катастрофических извержений разных типов с объемом вынесенных пород >10 км³ для каждого из них. Начало н.э. характеризовалось также и значительной интенсивностью сейсмической активности и цунамигенностью [37, 38,45,54].

1. Вулканическая деятельность и ее последствия. Вулканическая деятельность начала н.э. отличалась резко выраженной повышенной активностью и продуктивностью, значительным количеством катастрофических и сильных извержений, разнообразием вулканических проявлений (рис. 2), возникших форм и изверженных продуктов,

многократными региональными катастрофическими и сильными пеплопадами. Весьма велик был и общекамчатский геолого-геоморфологический эффект происшедших извержений. Существенное влияние вулканизм этого времени оказал на почвообразование и растительность, на животный мир и аборигенов Камчатки.

Специфическая особенность вулканизма 0-650 гг. - приуроченность последних к настоящему времени кальдерообразующего извержения Ксудач I (КС₁), субкальдерного извержения (ОП) Бараний амфитеатр в кальдере Опала у подножия одноименного вулкана, возникновение новых крупных вулканических построек (вулкана Комарова, конусов Савича и Штюбеля, экструзивного вулкана Дикий Гребень III (ДГIII)). Позднее подобных событий на Камчатке не происходило.

1.1. Кальдерообразующее и субкальдерное извержения. Кальдерообразующее извержение КС₁ на вулканическом массиве Ксудач - крупнейшее эксплозивное извержение н.э. на Камчатке [3, 5, 19]. По типу и параметрам оно было близко к знаменитому кальдерообразующему извержению Кракатау 1883 г. [52]. В ходе извержения, происшедшего ~240 г., было выброшено 18-19 км³ пирокластике риодацитового состава общим объемом 18-19 x 10⁹ т: отложения пирокластических потоков - 4 км³, тефра - 14-15 км³ [3,19]. Высота эруптивной колонны достигала 23 км [43]. Пепел на камчатской суше прослежен на расстоянии до 1000 км. По изопахите 1 см он покрыл более половины территории полуострова (рис. 3), а фактически выпадал на площади не менее 2-3 млн км². Пирокластические потоки длиной до 20 км заполнили все долины постоянных и временных водотоков на склонах Ксудача за исключением южно-

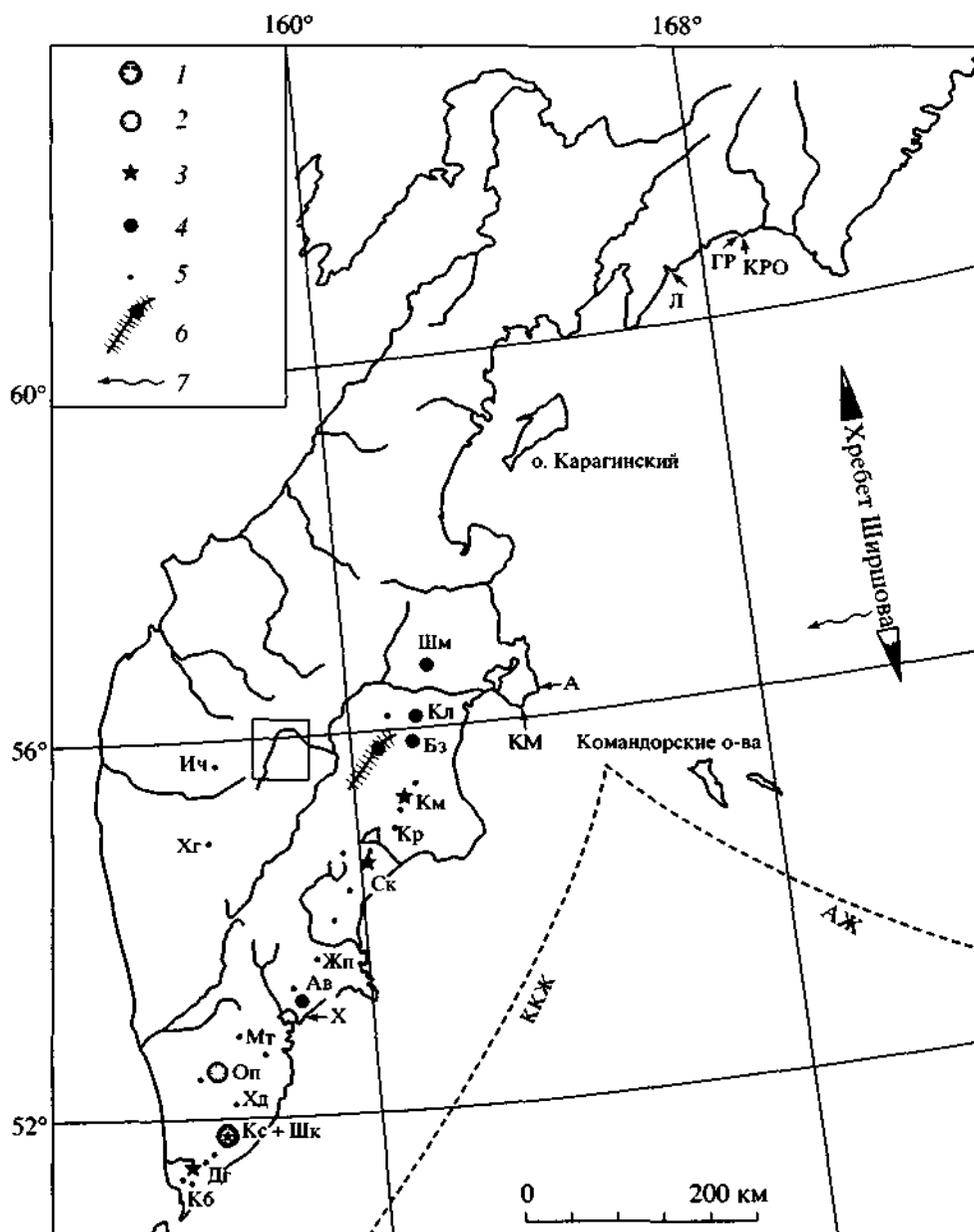


Рис. 2. Размещение на Камчатке некоторых образований этапа катастрофизма 0-650 гг.: 1 - кальдера Ксудач; 2 - "мар" Бараний Амфитеатр; 3-5 - вулканы (3 - новые, 4 - наиболее активные ранее существовавшие, 5 - прочие); 6 - Толбачинская региональная зона шлаковых конусов и вулкан Плоский Толбачик; 7 - турбидитный поток с подводного хребта Ширшова. Прямоугольник - положение датированных сейсмодетекторных обвалов в бассейне р. Быстрая (Эссовская). Стрелки показывают местонахождение сейсмодетекторных обвалов на тихоокеанском побережье (КРО - м. Крешеный Огнем, ГР - м. Грозный, Л - обвал в бухте Лаврова, А - м. Африка, КМ - м. Камчатский, Х - обвал в устье р. Халактырка). Индексами обозначены вулканы: Шм - Молодой Шивелуч, Кл - Ключевской, Бз - Безымянный, Км - Комарова, Кр - Кроноцкий, Ск - конус Савича, Жп - Жупановский, Ав - Авачинский, Мт - Мутновский, Оп - Опала с Бараньим Амфитеатром, Хд - Ходутка, Кс + Шк - кальдера Ксудач + конус Штубеля, Дг - Дикий Гребень III, Кб - Камбалный, Ич - Ичинский, Хг - Хангар, ККЖ - Курило-Камчатский желоб, АЖ - Алеутский желоб.

го сектора, где они экранировались высокими бортами более старых кальдер (рис. 4).

В результате извержения возникла кальдера обрушения размером 4 x 6.5 км и площадью по бровке уступа 19 км². Реконструированный первичный

объем ее полости достигал 6.5-7 км³, а глубина превышала 15 км. Сразу после образования кальдеры в ней (предположительно за 50-100 лет) выросли экструзивные купола объемом 0.03-0.05 км³ (вес пород ~0.1 x 10⁹ т, состав риодацитовый). Затем, примерно через 100 лет, в кальдере стал форми-

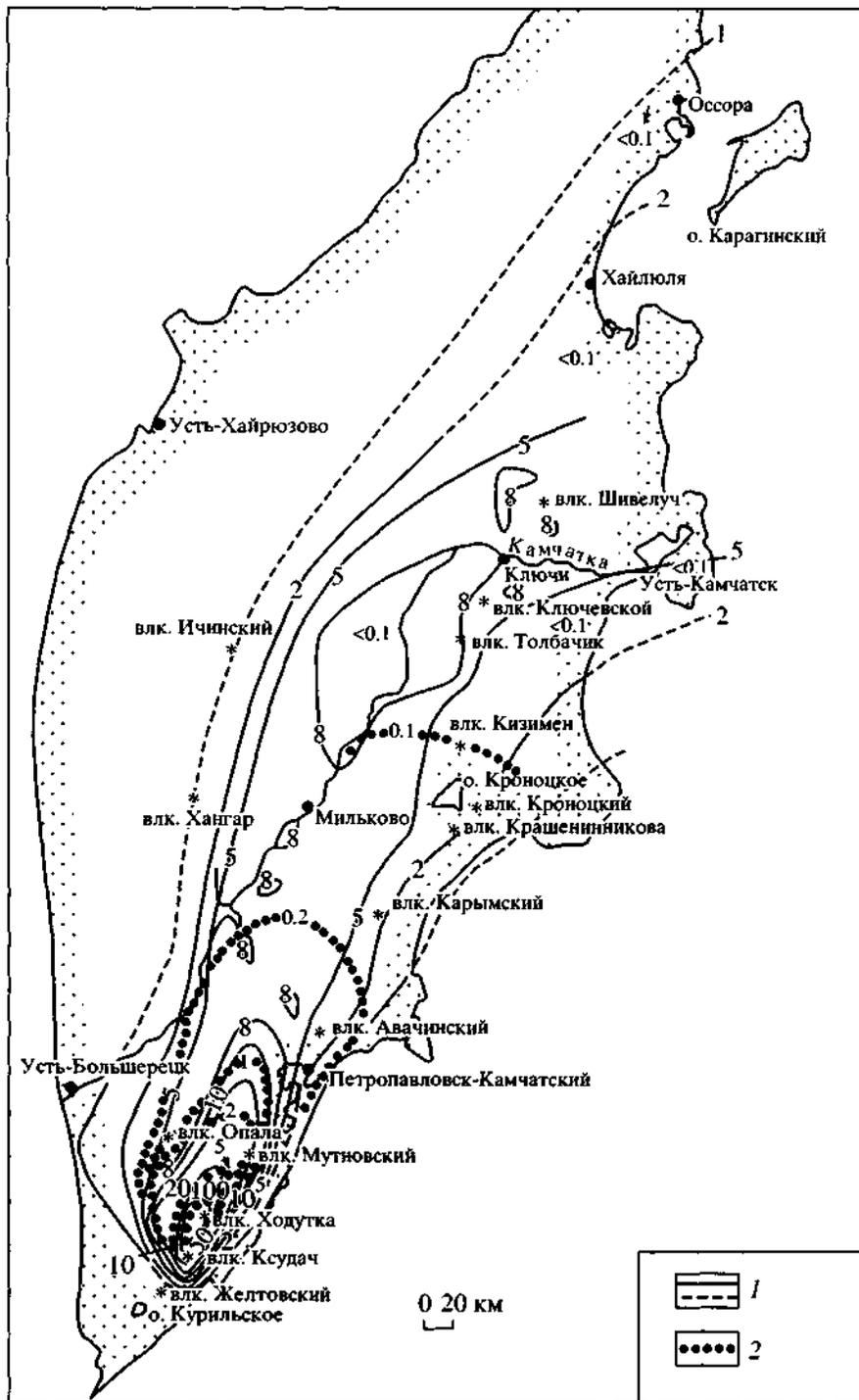


Рис. 3. Изопахиты и изоплеты (максимальные размеры частиц, см) тефры CS_1 : 1 - изопахиты; 2 - изоплеты.

роваться сложенный андезибазальтами (с их преобладанием) и андезитами активный вулкан конус Штюбеля.

Последствия извержения CS_1 оказались для природы Камчатки крайне негативными, явившись, по-видимому, причиной настоящей региональной экологической катастрофы. Насыщен-

ный газами и химически активными веществами вулканический пепел слоем от 1 см до 2-3 м покрыл более 100 тыс. км², на площади около 12 тыс. км² растительный покров был сильно поврежден, а на 500 км² - все живое уничтожено. Пепел выпал и над акваториями омывающих Камчатку морей. В результате кальдерообразования и возникнове-

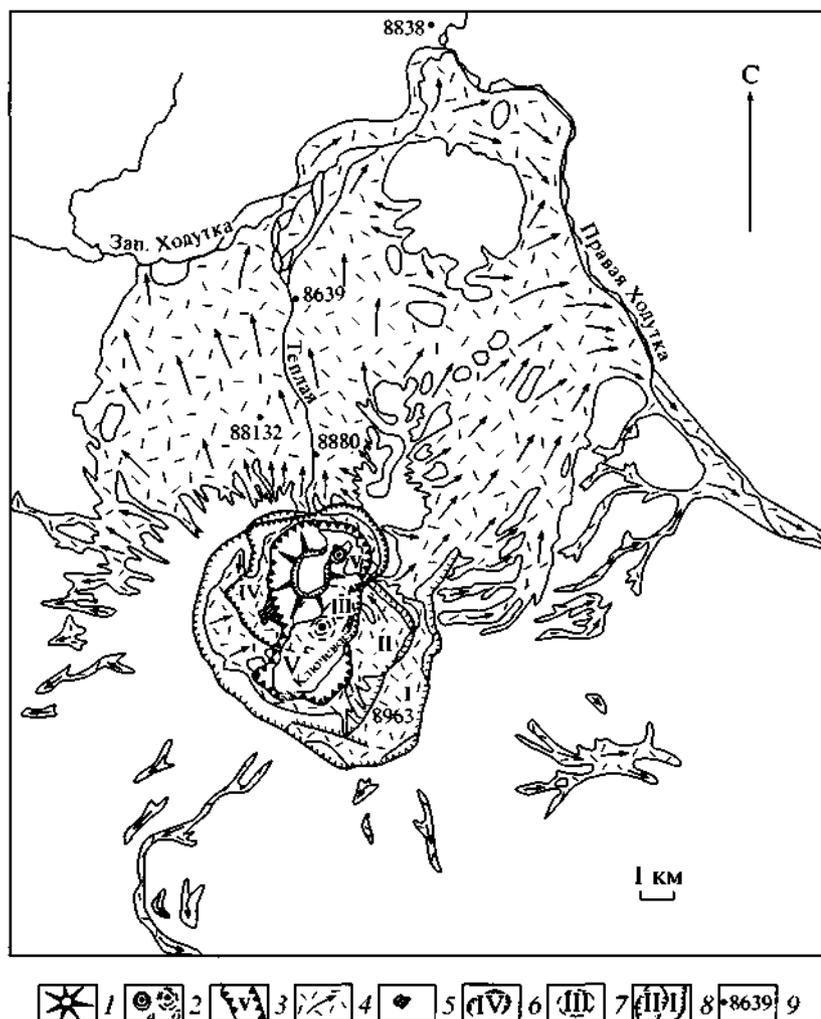


Рис. 4. Пирокластические потоки извержения KO_1 и положение кальдеры V: 1 - конус Штюбеля и его кратер; 2 - посткальдерные экструзивные купола в кальдере V (а - установленные, б - предполагаемые); 3 - уступ кальдеры V; 4 - пирокластические потоки извержения KO_1 ; 5 - посткальдерные экструзивные купола (Парящий Утес и др.) в кальдере IV; 6-уступ кальдеры IV; 7- предполагаемое положение кальдеры III; 8-бровки уступов позднеплейстоценовых кальдер I и II; 9 - номера изученных разрезов.

ния мощных (до 40-50 м) пирокластических потоков кардинальному преобразованию подвергся прежний рельеф на площади $>150 \text{ км}^2$. Несомненно, что выпадение толстого слоя пепла сразу на огромной территории привело к гибели животных и, возможно, оказавшихся в зоне такого пеплопада людей.

Субкальдерное извержение ~600 г. Бараний Амфитеатр, в ЮВ секторе кальдеры Опаля было вторым после KC_1 объемом (9-10 км^3 пемзы риолитового состава весом 9-10 $\times 10^9$ т) выброшенной пирокластике [16], представленной преимущественно тефрой. Главная ось пеплопада была направлена на восток (рис. 5), а мощность тефры на океанском побережье составляет сейчас 12-15 см (первичная мощность свежесвыпавшей тефры превышала 20 см). Здесь тефра погребла

неолитическую стоянку, существовавшую в бухте Фальшивая более 1000 лет [17]. Позднее эта стоянка (своего рода "Камчатская Помпея") не использовалась. Значительный объем тефры выпал над акваторией Тихого океана. Кроме того, юго-западным ветром пепловое облако было снесено на СВ. Поэтому тонкий пепел покрыл значительную часть Восточной и Центральной Камчатки, где был прослежен на расстоянии ~300 км от источника. В результате извержения возник кратер размером 1,3 x 2 км, глубиной >200 м и объемом $\sim 0,5 \text{ км}^3$. На заключительной стадии извержения в кратере вырос почти полностью заполнивший его риолитовый экструзивный купол. Полный объем пород субкальдерного извержения оценивается в 9,5-10,5 км^3 , а их вес примерно в 11 $\times 10^9$ т. Воздействие этого извержения на при-

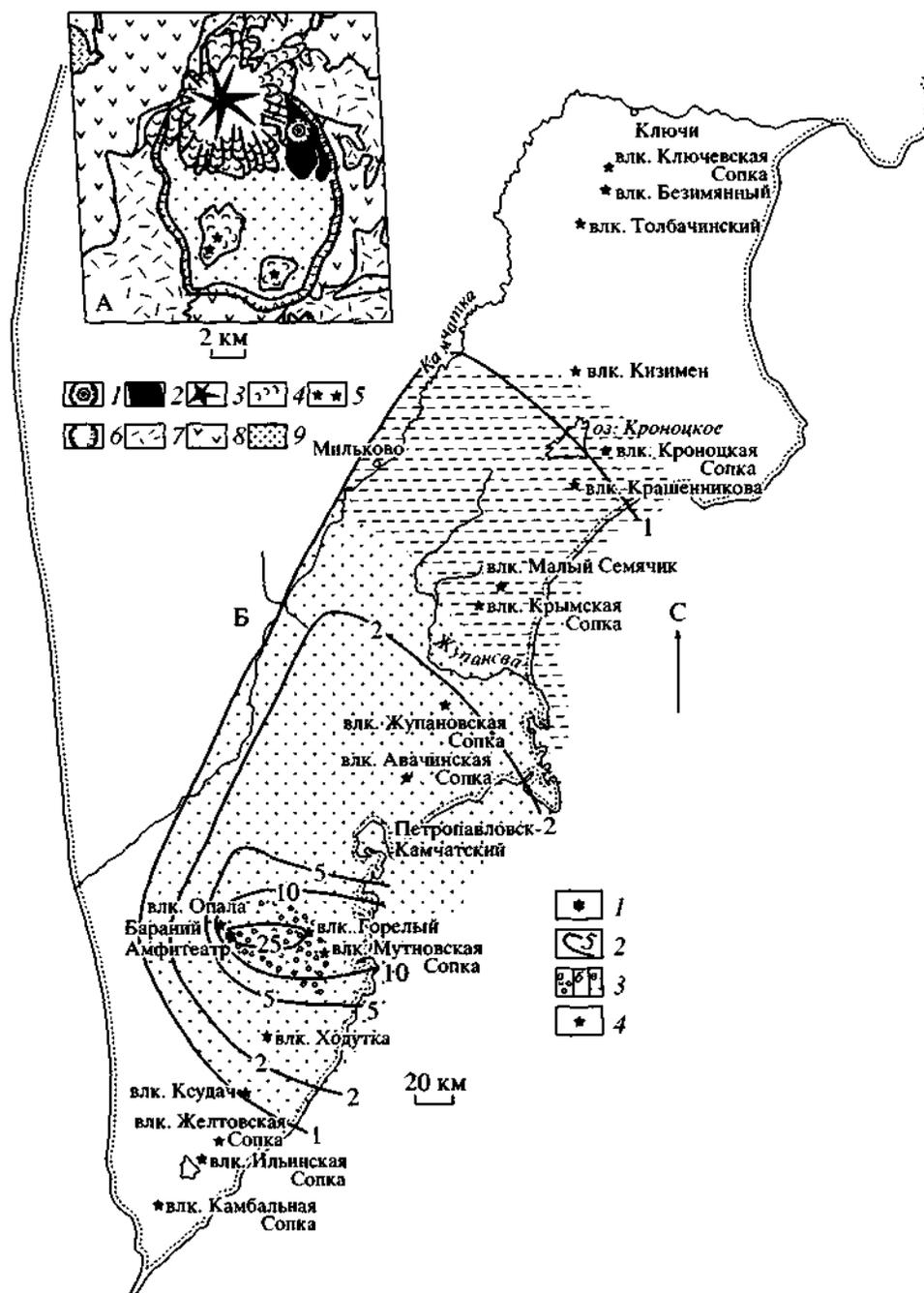


Рис. 5. Извержение Бараний Амфитеатр. А - местоположение эруптивного центра и распространение пирокластических потоков: 1, 2 - вулканические образования субкальдерного извержения (соответственно кратер Бараний Амфитеатр и пирокластические потоки); 3-9 - прочие вулканические и невулканические образования (3 - конус вулкана Опала, 4 - лавовые потоки, 5 - одноактные эруптивные центры, 6 - кальдера Опала, 7 - позднеплейстоценовые пирокластические потоки, 8 - фрагменты поздне- и среднеплейстоценовых вулканических построек, 9 - невулканические аккумулятивные равнины разного генезиса). Б - изопахиты тефры ОП: 1 - кратер Бараний Амфитеатр; 2 - изопахиты, см; 3 - крупность тефры (а - бомбы и лапилли, б - грубый пепел, в - тонкий пепел); 4 - стратовулканы.

роду, животный мир и человека было также весьма значительным, хотя и не столь катастрофичным, как извержения КС. Извержение Бараний Амфитеатр - аналог широко известного извержения Новарупта 1912 г. у подножия вулкана Катмаи, когда было выброшено 17 км^3 тефры [44,47].

1.2. Возникновение новых вулканов. Возникновение четырех новых крупных вулканических построек (вулкан Комарова, конусы Савича и Штюбеля, экструзивный вулкан Дикий Гребень III) - еще одна характерная черта вулканизма начала нашей эры.

Вулкан Комарова (абс. выс. 2050 м, отн. выс. ~1000 м) в хребте Гамчен является из них самым северным (рис. 2). Главная часть его постройки сформировалась в 500-600 гг. Это существенно пирокластический стратовулкан с тремя хорошо выраженными мощными лавовыми потоками длиной до 5 км. Состав пород андезитовый. С его извержениями были связаны мощные лахары.

Конус Савина, вершинная и самая молодая часть сложно построенного вулкана Кихпиныч, начал формироваться в 620-640 гг. Вначале произошел мощный взрыв, образовавший кратер размером 1.5 x 0.6 км [6]. Взрывные отложения частично перекрыли междуречья, но в основном сконцентрировались в долинах, по которым они распространялись в виде своеобразных лахароподобных потоков, что было связано с уничтожением кратерного озера. Наряду с измененным резургентным материалом во взрывных отложениях присутствовал и ювенильный (лапилли и бомбы андезибазальтов). Затем в результате эффузивно-эксплозивной деятельности был сформирован сам конус Савича. Общий объем ювенильного материала (базальты) составил 0.1 км^3 , вес $0.15-0.2 \times 10^9 \text{ т}$.

Конус Штюбеля в кальдере Ксудач V, достаточно крупный многоактный стратовулкан, стал формироваться к ~300 г., через несколько десятилетий после кальдерообразующего извержения КС₁. На ранней стадии его роста часто изливались андезитовые и андезибазальтовые лавовые потоки длиной до 1.5-2 км. Тогда же была сформирована и главная часть постройки этого вулкана. Продукты извержений были представлены преимущественно андезибазальтами и андезитами с содержанием SiO_2 , 54-62%. Деятельность конуса Штюбеля, включая плинианские извержения 980 и 1907 гг., продолжается до настоящего времени. В целом время роста конуса Штюбеля отличалось максимальной ($5.5-6.0 \times 10^6 \text{ т/год}$) для голоцена продуктивностью вулкана Ксудач [19]. Ближайший аналог конуса Штюбеля - вулкан Анак-Кракатау в кальдере Кракатау 1883 г., начавший действовать через 44 года после кальдерообразующего извержения.

Экструзивный вулкан Дикий Гребень III (вершинная часть г. Неприятная, 1079 м) вырос во время самого молодого и самого крупного эпизода активности экструзивного массива Дикий Гребень на Южной Камчатке в 420-430 гг. [49, 51]. Тогда же произошли значительные вулканотектонические деформации земной поверхности и излились очень мощные (до 400 м во фронтальных частях) лавовые потоки. Внедрение большого объема вязкой магмы привело к подъему местности в районе вулкана. О масштабе воздымания можно судить по амплитуде вертикального смещения кровли туфов голоценовой кальдеры Курильского озера: на южном берегу р. Озерной, на

участке, примыкающем к Дикому Гребню, кровля туфов на 70 м выше, чем на северном берегу, удаленном от вулкана.

Извержение началось с выброса незначительного количества пемзовой тефры. Затем сформировалось несколько экструзивных куполов. Самый крупный из них - это г. Неприятная, кроме того, несколько куполов меньшего размера возникли восточнее и западнее ее. Самые уникальные формы вулкана - это огромные лавовые тела к юго-востоку и северо-западу от г. Неприятной. Юго-восточное образование - очень мощный (~400 м), но довольно обычный крупноглыбовый лавовый поток с хорошо выраженными бортовыми валами. Формирование потока произошло на заключительном этапе периода активизации вулкана. На поверхности северо-восточного лавового тела - крупные чешуи, выгнутые в направлении, обратном движению потока, что совершенно необычно. Это как бы вторичный поток, но не излившийся, а сформированный за счет обваливания с быстро растущего купола г. Неприятной крупных блоков раскаленного материала, их последующей агглютинации и движения вниз по склону. Формирование куполов сопровождалось пирокластическими волнами, отложения которых распространены на расстояние до 20 км. По долинам рек сходили лахары, отложения которых обычно перекрывают тефру и отложения пирокластических волн.

Описываемое извержение вулкана Дикий Гребень и субинхронное вулканотектоническое воздымание территории были причиной последней крупной перестройки речной сети в данном районе. Лавы Дикого Гребня подпрудили р. Озерную и другие более мелкие ручьи и реки, что привело к изменению их русел и образованию озер Витаминное и Ульянова. Нерестилище лососевых рыб в озере Курильское на какое-то время (до нового прорыва плотины, отделившей озеро от истоков р. Озерная) прекратило свое существование.

Судя по близости дат, полученных по подстилающей и перекрывающей отложения органике, а также по отсутствию перерывов внутри пачки вулканических отложений этого периода активизации, само извержение заняло не более нескольких лет или десятков лет. Объем продуктов извержения ДГШ специально не подсчитывался, но его можно оценить примерно в 50% общего объема постройки Дикого Гребня, т.е. в $5-6 \text{ км}^3$, а вес - в $11-13 \times 10^9 \text{ т}$.

1.3. Активность существовавших многоактных вулканов. Резко повышенная активность других многоактных вулканов в начале н.э. чаще всего проявлялась двумя способами: одни вулканы (Шивелуч, Ключевской, Безымянный) извергались необычно часто и отличались большим количеством сильных извержений, другие, менее активные (Кро-

ноцкий, Ходутка, Желтовский, Хангар, Камбальный), находившиеся преимущественно во второй стадии развития [по 12], начали извергаться после длительного периода покоя.

Вулкан Шивелуч является особо показательным представителем первой из названных групп вулканов. У него период особо частых извержений начался около 2 тыс. л.н., причем извержения происходили как из центрального кратера вулкана Молодой Шивелуч, так и на западном склоне Старого Шивелуча (экструзии группы Каран). Частые извержения сразу из обоих центров, несомненно, указывают на то, что именно в интересующий нас период произошло поступление к поверхности особенно значительного объема магмы.

В интервале 0-650 гг. произошло, как минимум, 11 эксплозивных извержений на вулкане Молодой Шивелуч и 3 извержения в группе Каран [29, 50]. В ходе одних извержений выбрасывалась только тефра, другие характеризовались еще и формированием пирокластических потоков и волн, некоторые - обломочными лавинами. Изверженные продукты хорошо представлены на расстоянии 15-20 км от эруптивных центров, а тефра прослеживается в ископаемом состоянии в 300-350 км от них. Это означает, что реально пеплопады происходили на расстоянии 500 и более км от вулкана Шивелуч. Максимальный объем тефры индивидуальных извержений превышал 1-2 км³: Ш1450 (~630 г.) - > 1 км³, Ш₃ (~650 г.) - > 2 км³. Горизонты тефры Ш1450 и Ш₃ служат прекрасными стратиграфическими реперами при датировании вулканических и невулканических образований Ключевской группы вулканов и Восточной Камчатки, определяющими верхнюю возрастную границу рассматриваемого этапа в этом районе.

Всего в течение первых 650 лет нашей эры было извержено 8-10 км³ ювенильных продуктов андезитового состава (тефра + отложения пирокластических потоков и пирокластических волн + лавы экструзивных куполов) общим весом порядка 15 x 10⁹ т, а средняя продуктивность вулкана за этот этап составила примерно 25 x 10⁶ т/год. В том же временном интервале произошло образование четырех гигантских обломочных лавин на южном склоне Молодого Шивелуча и двух - на западном склоне Старого Шивелуча, связанных там с извержениями группы экструзивных куполов Каран [50]. Площадь каждой из обломочных лавин варьировала, вероятно, от нескольких десятков км² до 100 км². Суммарный объем отложенных обломочных лавин был близок к 3 км³.

Вулкан Ключевской также находился в это время в состоянии повышенной активности, что, прежде всего, выражалось в многочисленных побочных прорывах (Стеллера, Погребенный, Дровяной, Холм, Пещерный, Шмалева и др.), приуроченных к 400-600 гг. Тогда же на фоне частых

слабых извержений произошли два крупных вершинных извержения Ключевского вулкана. Важно отметить, что рассмотренному периоду активизации последнего предшествовал период относительного ослабления активности вулкана длительностью не менее 500 лет. Такой же 500-летний период слабой активности имел место и после. Характерно, что для этих интервалов времени побочные прорывы нами не установлены.

Вулкан Безымянный - еще один яркий пример эруптивного центра с резко повышенной активностью в начале н.э.: период Б1 в работе [2]. По уточненным данным, последний охватывает временной интервал от 100 г. до 450 г. до н.э. Корректировка возрастных рубежей, по сравнению с [2], связана с пересмотром возраста горизонтов тефры Ш₃, КС₁ и Ш₅ [3, 5, 42], по соотношению с которыми реконструировалась активность вулкана Безымянный. Активизация вулкана началась после 800-летнего покоя эксплозивным извержением с выбросом пемзовой андезитовой тефры объемом 0.3-0.4 км³. Ось пеплопада была направлена на восток, в сторону пос. Козыревск, где мощность уплотненного погребенного грубого пепла равна 2 см. Последующая эксплозивная активность была достаточно напряженной с коротким (50-60 лет) перерывом во второй половине периода. К концу этапа (400-450 гг.) были приурочены излияния лавовых потоков, более старые из которых объемом 0.8 км³ - андезибазальтовые, более молодые объемом 0.15 км³ - андезитовые. С одним из извержений, сопровождавшимся предположительно крупным обвалом, связано образование обломочной лавины.

Весьма показательным свидетельством повышенной вулканической активности начала нашей эры служат также извержения вулканов второй группы.

Вулкан Кроноцкий извергался около 2 тыс. л.н., о чем может, вероятно, свидетельствовать обнаруженный в его окрестностях низкокалорийный грубый (средне-, крупнозернистый песок) базальтовый пепел с возрастом ~2 тыс. лет.

Вулкан Ходутка извергся после длительного периода покоя, по-видимому, в самом начале н.э. На его юго-западном склоне излился лавовый поток, который перекрывается пеплом КС₁ и мало-мощным прослоем подстилающей его супеси.

Вулкан Желтовский, возможно, извергался в самом конце рассматриваемого этапа, так как его тефра - черный шлак - залегает между датированными горизонтами КШ₁ (возраст 980 лет) и пемзой (возраст 2000 лет) вулкана Ильинский.

Вулкан Хангар также, по-видимому, активизировался в это время, поскольку в отдельных разрезах почвенно-пирокластического чехла вблизи вулкана в интервале 0-600 гг. отмечены линзы

пемзового материала, которые могут быть следствиями его слабых извержений.

Вулкан Камбалный извергался в самом конце рассматриваемого этапа после 3000-летнего периода. За этим извержением последовал еще один период покоя длительностью 700 лет. Извержение носило взрывно-эффузивный характер: по восточному склону вулкана сошли раскаленные лавины из бомб и лапилли ювенильного плотного базальта, а затем излился базальтовый лавовый поток. С этим извержением был связан также лахар и небольшой обвал. Объем изверженных ювенильных продуктов оценен в 0.01 км^3 , вес - в $0.02 \times 10^9 \text{ т}$.

В течение всего рассматриваемого периода в разные времена извергались и многие другие вулканы.

Вулкан Кизимен завершал в это время период активизации, начавшийся около 3000 л.н. Здесь продолжался рост экструзивного купола 3, происходили связанные с ним слабые и умеренные взрывные извержения с выбросом андезитового и базальтового пеплов, формирование коротких пирокластических потоков типа block-and-ash flow и обвальных обломочных лавин [24]. Около 430 г. излился андезитовый лавовый поток длиной 4 км.

Вулкан Жупановский отметился одним извержением ~2 тыс. л.н. Но, возможно, были и другие, следы которых пока не обнаружены из-за недостаточной изученности эруптивной истории этого вулкана.

Вулкан Авачинский, наоборот, извергался в течение всего рассматриваемого интервала и достаточно интенсивно. Обнаружены и датированы следы 8 взрывных извержений с андезибазальтовым составом ювенильных продуктов: 2 сильных, одно умеренное, 5 слабых. Самым ранним (~45 г.) было умеренное (объем тефры $>0.02 \text{ км}^3$) после 300-400-летнего периода относительного покоя. Самое сильное (объем тефры $>0.2 \text{ км}^3$) извержение произошло ~420 г., оно сопровождалось сильным вулканическим землетрясением. Главная ось его пеплопада была ориентирована на ССЗ, две других - на ЮЗ и ЮВ.

Вулкан Горелый в начале нашей эры извергался 4 раза, но сила извержений была небольшой, суммарный объем пирокластики не превышал 0.01 км^3 , а ее вес - $0.02 \times 10^9 \text{ т}$ [17, 36].

Вулкан Мутновский проявлял активность в виде слабых фреатических извержений, происходивших примерно в 215, 230 и 400 г.

Вулкан Ильинский характеризовался повышенной активностью лишь в самом начале н.э. - времени окончания самого бурного периода вулканической деятельности, начавшегося около 2800 л.н. Однако и завершавшие его извержения заметно изменили облик вулкана, прежде всего за счет самых молодых и самых мощных лавовых потоков на северном склоне конуса и самых молодых ла-

вовых куполов на западном склоне у берега Курильского озера (район Теплой бухты). Кроме того, было еще несколько умеренных взрывных извержений, продукты которых отвечают по составу дацитам. Последние извержения произошли ~220 г., после чего наступил период покоя до 1901 г. [51]. Объем продуктов извержений начала н. э. оценен в $0.8-1 \text{ км}^3$, а вес - в $1.5-2 \times 10^9 \text{ т}$.

Не исключено, что в начале нашей эры могли извергаться и другие многоактные вулканы, эруптивная история которых в этом временном интервале изучена еще недостаточно. Таковы, например, вулканы Ичинский с очень свежими вулканическими формами, Дальняя Плоская сопка с недавно открытой [28] фумарольной активностью, Корякский - один из предполагаемых источников черного пепла андезитового состава, широко распространенного в районе Авачинской и Жупановской групп вулканов.

Показателем общей высокой эндогенной активности Восточной вулканической зоны Камчатки может служить также сильный фреатический взрыв в позднеплейстоценовой кальдере Узон (район оз. Хлоридное). Он произошел, по данным И.А. Егоровой [8], в интервале 1500-2000 л.н.

1.4. Активность Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов и участков ареального вулканизма. Особо следует остановиться на комбинации эруптивных центров - *многоактный вулкан Плоский Толбачик + одноактные центры Толбачинского дола*, которые являются генетически единым образованием и входят в состав южной части, выделенной Б.И. Пийпом [30] Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов. В ~240 г. здесь стартовал мощнейший II этап вулканизма [4], для которого было характерно: 1) начало поступления магнезиальных базальтов, занимающих существенное место в ряду пород от магнезиальных умеренной щелочности до субщелочных глиноземистых с промежуточными разностями; 2) начало формирования крупнейших шлаковых конусов дола с необычно высоким коэффициентом взрывности для базальтовых извержений; 3) стягивание эруптивных центров к осевой части региональной зоны; 4) возрастание интенсивности вулканизма по сравнению с I этапом (начало голоцена - 240 г.).

Ранней фазе II этапа вулканизма дола отвечало формирование вулканических III возрастной группы в интервале времени между отложением пеплов K_1 и Ш_3 (650-240 гг.). Именно в это время в процессе поступления магнезиальных базальтов стали формироваться крупнейшие шлаковые конусы в осевой части дола - г. 1004 - Пра-Высокая, Пельмень на севере, конус Недоступный на юге. Можно выделить более древнюю подгруппу вулканических образований, возникшую в 250-300 гг., сразу после отложения пепла K_1 - конусы г. 1004-Пра-Высокая, г. Магуськина, Запретный и более мо-

лодую подгруппу (600-500 гг.), которая включает конусы Пельмень, Лагерный, Двойной, Недоступный, Дальний, Засыпанные, Потерянный, Юпитер, частично сформировавшихся непосредственно перед отложением пепла Ш₃.

Активизация вулканических проявлений в начале II этапа вулканизма, несомненно, сопровождалась сильными землетрясениями, так как на Плоском Толбачике обрушился западный сектор внутрикальдерного щитового вулкана и образовалась кальдера гавайского типа 1.8-2 км в поперечнике. Тогда же произошло и обрушение южного склона вулкана, обвальные отложения достигли северного подножия конусов Песчаных гор, перекрыв по пути чехлом разной мощности многие более древние конусы, сформировавшиеся до нашей эры.

Всего за ~310 лет было извержено 11.2 км³ лавы и пирокластики базальтового состава (глиноземистые и магнезиальные базальты, их промежуточные разновидности) общим весом 23.9 x 10⁹ [4]. Средняя продуктивность вулканизма за весь второй этап составила ~77 x 10⁶ т/год, что в несколько раз выше, чем за предшествующий и последующий соизмеримые отрезки времени.

В зонах ареального вулканизма вулканических районов Восточной и Южной Камчатки начало нашей эры тоже было отмечено небольшим всплеском активности, о чем свидетельствуют несколько прослоев базальтовой тефры шлаковых конусов в соответствующих по возрасту частях разрезов голоценового почвенно-пирокластического чехла. Датировать же удалось только два таких центра: конус Веер на правом берегу р. Левая Авача, в 3 км выше впадения в нее р. Корневская, и безымянный шлаковый конус на севере Толмачева дола (Южная Камчатка).

Шлаковый конус Веер и связанный с ним лавовый поток сформированы ~400 г. Было извержено 0.024 км³ лавы и пирокластики общим весом 0.05 x 10⁹ т, отвечающих по составу оливиновому магнезиальному базальту. В [53] этот эруптивный центр ошибочно датирован 1854 г.

Крупный безымянный шлаковый конус на Толмачевом долу и его лавовые потоки чуть старше 600 г., поскольку его тефра без видимого перерыва перекрывается маркирующим горизонтом тефры ОП. Общий объем изверженных продуктов базальтового состава - 0.43 км³, вес - 0.75 x 10⁹ т.

1.5. Особенности территориального проявления вулканического катастрофизма. Приведенный материал позволяет сделать вывод, что в течение первых 650 лет н.э. была активна вся Восточная вулканическая зона Камчатки от вулкана Шивелуч на севере до вулкана Камбальный на юге (рис. 2). Извергалось не менее 24 вулканов из 30 [18] действующих и потенциально активных многоактных вулканов Камчатки.

Наибольшей активностью отличались северная и южная части зоны. В Северной группе вулканов происходили частые и сильные извержения вулканов Шивелуч, Безымянный и Ключевской с его многочисленными побочными прорывами. Исключительно высокой активностью отличалась Толбачинская региональная зона, где впервые в ее голоценовой истории на поверхность стали поступать магнезиальные базальты. В вулканическом районе Южной Камчатки произошли два крупнейших катастрофических извержения с объемом пирокластики 18-19 и 10-11 км³ - кальдерообразующее извержение КС₁ на вулкане Ксудач и субкальдерное извержение Бараньего Амфитеатра в кальдере Опала. Это были последние к настоящему времени извержения такого типа и такой силы на Камчатке. Возникли и новые вулканические постройки: стратовулкан конус Штюбеля и экструзивный вулкан Дикий Гребень III - тоже пока здесь последние. После длительного периода покоя изверглись вулканы Ходутка, Желтовский и Камбальный. Продолжалась интенсивная деятельность вулкана Ильинский.

Активность проявляли также многие вулканы на среднем участке зоны - Авачинский, Жупановский, Кроноцкий, Кизимен. Возникли два новых стратовулкана - конус Савича и вулкан Комарова; в дальнейшем, вплоть до настоящего времени, образования многоактных вулканов здесь не происходило. Однако заслуживает внимания то, что такие крупные и активные вулканы как Карымский, Малый Семячик и Крашенинникова в этот период находились в состоянии относительного покоя. Их эруптивные циклы стартовали позже: Крашенинникова [34] около 700 г., Малый Семячик - 1350-1400 гг., Карымский ~1400 г.

Шлаковые и лавовые конусы формировались также в пределах различных участков базальтового ареального вулканизма Восточной вулканической зоны.

Что касается вулканической зоны Срединного хребта Камчатки, то пока определенно удалось обнаружить лишь следы активизации в начале н.э. у вулкана Хангар [40]. Однако, по нашему мнению, это, прежде всего, объясняется не отсутствием здесь вулканической деятельности в рассматриваемом временном интервале, а просто недостаточной изученностью голоценовой эруптивной истории вулканизма Срединного хребта.

Количество выявленных извержений разной силы на каждом из вулканов Камчатки варьировало от 1 до более чем 10-15. Однако их фактическое число там было, несомненно, намного (если не в несколько раз) больше, поскольку при геологических и тефрохронологических исследованиях следы почти всех слабых и многих умеренных извержений обычно не фиксируются. Особенно это относится ко всем типам терминальных и субтер-

минальных извержений Ключевского и других самых высоких (Кроноцкий, Жупановский, Корякский и т.д.) вулканов, вершинные части которых с кратерами и в начале нашей эры тоже далеко выдавались за границы (800-1000 м) растительных зон с развитым там почвенно-пирокластическим чехлом, пригодным для детальной расшифровки эруптивной истории вулканических аппаратов. На крутых же, незадернованных склонах этих вулканов датировка выпадавшей пирокластики и излившихся лавовых потоков тефрохронологическим методом сильно затруднена, а ^{14}C методом из-за отсутствия органики - невозможно. На расстоянии более 10-20 км и дальше от эруптивных центров выявление и датирование следов большинства слабых и многих умеренных стромболианских и фреатических извержений очень сложна из-за слишком малой (миллиметры-доли миллиметра) выпавшей их тефры в этих местах. Так, в почвенно-пирокластическом чехле района г. Ключи (32 км от кратера вулкана Ключевского) нельзя идентифицировать, а тем более датировать следы ни одного из многих десятков пеплопадов от извержений Ключевского вулкана XVIII-XX вв. Невозможно, например, обнаружить сейчас и тефру фреатического извержения 1957 г. вулкана Корякский даже на его склонах и у подножия.

По нашей оценке, суммарный объем изверженных и перемещенных (обломочными лавинами, лахарами) пород в первые - 650 лет н.э. составляет порядка $95-100 \text{ км}^3$, а вес - $160-170 \times 10^9 \text{ т}$. Средняя скорость выноса вещества была равна $\sim 0.15 \text{ км}^3/\text{г}$ ($\sim 250 \times 10^6 \text{ т/г}$). Это весьма много для отдельно взятой вулканической области, так как в годы, когда не происходит большеобъемных кальдерообразующих и субкальдерных извержений, все наземные вулканы земного шара поставляют на поверхность в среднем за год $0.2-0.4 \text{ км}^3$ вещества [14].

Отличительными чертами вулканической составляющей рассматриваемого этапа катастрофизма являются также разнообразие (от риолитов до базальтов) состава изверженных продуктов и необычно высокая (порядка 30%) доля кислого материала. Позднее это уже не повторялось.

Из общего объема изверженных и перемещенных продуктов на долю тефры пришлось $60-65 \text{ км}^3$. Этого объема хватило бы, чтобы покрыть всю территорию Камчатского полуострова (площадь $\sim 200 \text{ тыс. км}^2$) слоем мощностью $>30 \text{ см}$. Однако значительная часть тефры выпадала в радиусе до 20-30 км от эруптивных центров. Поэтому в региональном плане наибольшее влияние на природную среду (сильные пеплопады на обширных площадях, быстрое увеличение суммарной мощности почвенно-пирокластического чехла, воздействие на почвообразующие процессы, растительность, животный мир и человека того време-

ни) оказали лишь самые мощные эксплозивные извержения КС_1 , ОП, Ш₃ и др. Они же при выпадении тефры над акваториями омывающих Камчатку морей способствовали росту скорости аккумуляции на их дне осадков, обогащению морской среды водорастворимыми компонентами вулканических пеплов.

В локальном масштабе максимальные изменения, вплоть до необратимых, под действием вулканизма начала нашей эры претерпели участки, где возникли новые вулканические формы (Толбачинский дол, хребет Гамчен, кальдера Опала, вулканический массив Ксудач, экструзивный массив Дикий Гребень и др.), а также наиболее активные вулканы (Молодой Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Ильинский) и их окрестности. В этих местах, по сути дела, реализовалось действие большинства известных на Камчатке вулканических процессов, а также генерированных ими событий, явлений и форм рельефа (значительные деформации земной поверхности в результате вулкано тектоники, связанной с кальдерообразованием и возникновением новых вулканических форм; сильные вулканические землетрясения; большеобъемные скальные обвалы; гигантские обломочные лавины; мощные лахары, вулканогенно-пролювиальные равнины). Катастрофические пеплопады уничтожили здесь не только все живое, но из-за многометровой мощности выпавшей грубой пирокластики оказались еще и рельефообразующим фактором, создав обширные пемзовые и шлаковые равнины.

2. Последствия тектонических движений и землетрясений. Резко интенсифицировавшиеся субсинхронно с мощной вулканической деятельностью тектонические движения и сейсмичность также были составными компонентами этапа эндогенного природного катастрофизма нашей эры на Камчатке.

Ярким свидетельством общего тектонического поднятия почти всей территории Камчатки в это время служит практически повсеместное развитие аллювиальных и морских террас, датированных самым началом нашей эры. Возраст их установлен тефрохронологическим и ^{14}C методами.

Аллювиальные террасы этого возраста изучались в бассейнах рек Камчатка, Авача, Жупанова, Плотникова, Озерная и др. Во всех речных долинах они являются первыми надпойменными террасами высотой 2-4 м. Такого же возраста террасовые уровни широко распространены в долинах "сухих рек". В основании почвенно-пирокластического чехла, перекрывающего аллювиальные отложения террас, самым нижним маркирующим горизонтом тефры является КС_1 , датированный 240 г. Под ним на пойменных песках и супесях лежит лишь маломощный (1-3 см), но всегда четко выраженный гумусированный горизонт. Его ка-

лендарный возраст, который определен в нескольких местах, заключен в интервале 0-200 гг. Оцененная по разности высот I надпойменной террасы с высотами более молодых аллювиальных уровней предполагаемая амплитуда тектонического поднятия начала н.э. составляет в исследованных речных долинах от 1 до 3 м.

Морские аккумулятивные и цокольные террасы начала нашей эры изучались на тихоокеанском побережье Камчатки почти от м. Лопатка до п-ва Олюторский. Строение и возраст почвенно-пирокластического чехла на них принципиально не отличаются от таковых на I надпойменной террасе в речных долинах, что подтверждается и ^{14}C датировками. Однако высоты морских террас варьируют намного сильнее, чем у аллювиальных в связи с неодинаковыми скоростями дифференцированных тектонических движений на разных участках побережья [23]. Так, на 35-40-километровом участке побережья п-ва Камчатский между мысами Африка и Камчатский высота морской террасы начала нашей эры равна 20-25 м [22], а на о. Карагинский и побережье Камчатки от губы Укинская до пос. Тилички - 3-4 м [21]. В первом случае амплитуда тектонического поднятия, которое произошло ~2 тыс. л.н., оценена в 12-15 м, во втором - в 1.5-2 м.

На исследованных участках побережий Авачинского, Кроноцкого и Камчатского заливов Тихого океана морские террасы этого возраста чаще всего аккумулятивные и представлены комплексами береговых валов, поднятых на высоту 3-5 м над уровнем моря.

Поднятие побережья п-ва Камчатский сопровождалось скальными обвалами, образовавшими мысы Камчатский и Африка [22]. Проведенная реконструкция показала, что верхняя кромка стенки отрыва обвала м. Камчатский имела абсолютные отметки 500-700 м. Амплитуда горизонтального перемещения достигала 6-7 км, а объем его пород составлял 0.2-0.3 км³. Те же параметры для м. Африка - 200-230 м, 2.5 км, 0.06-0.08 км³ соответственно. В настоящее время обвальное отложение частично находится выше уровня моря, где срезаются комплексом более молодых морских террас. Главная же часть обвальной толщи располагается под водой. Ее распространение трассируется многочисленными подводными и надводно-подводными скалами и характерной конфигурацией изобат.

Следует отметить, что во время происшедших здесь в XIX-XX вв. даже сильных ($M > 7$, $\geq 8-9$ баллов по 12-балльной шкале) местных землетрясений образования столь крупных обвалов не наблюдалось. Это заставляет предполагать, что обвалы мысов Камчатский и Африка могли быть вызваны еще более мощными, чем наблюдавшиеся исторические, землетрясениями. Вероятно,

они должны были по своим характеристикам соответствовать землетрясению 9 июля 1958 г., вызвавшего гигантский (300 млн. м³) обвал в заливе Литуя на Аляске.

Несмотря на меньшую амплитуду поднятий побережья Берингова моря, их также сопровождали многочисленные большеобъемные скальные обвалы: м. Крешеный Огнем, м. Грозный и др. [21]. Обвал м. Крешеный Огнем возник в результате мощного местного землетрясения тоже в начале нашей эры, поскольку ^{14}C датировка кострища на поверхности обвальных отложений 1660 ± 40 л.н. (~390 г. по калиброванной календарной шкале), ГИН-7334. Сам же обвал должен быть немного старше. Предполагается, что субсинхронно возникла еще серия обвалов меньшего объема к востоку от обвала м. Крешеный Огнем. Близкий возраст должен иметь очень похожий по сохранности и морфологии на обвал м. Крешеный Огнем и крупный обвал в бухте Лаврова. Обвалы м. Крешеный Огнем и м. Грозный генерировали мощные цунами.

Сильные землетрясения происходили в начале н.э. и в пределах акватории Берингова моря, на что указывает возраст (~2000 л.н.) одного из турбидитных потоков, сошедших с подводного хребта Ширшова [21].

На побережье Авачинского залива с помощью тефрохронологического метода началом н.э. датирован скальный обвал на правом берегу руч. Крутобереговой (прежнее название р. Халактырка) у его устья.

Исследование следов голоценовых цунами на 11 участках (северный берег залива Олюторский, западный берег о. Карагинский, берег губы Укинская, устье р. Столбовая, бухта Солдатская, южное побережье п-ва Камчатский, южная и центральная часть побережья залива Камчатский, южная часть побережья залива Кроноцкий, Халактырский пляж залива Авачинский, бухта Мутная, бухта Асача) тихоокеанского побережья Камчатки (рис. 6) показало, что рассматриваемый временной интервал характеризовался также и увеличением частоты происходивших тогда цунами по сравнению с предыдущим и последующим этапами [32, 33]. Это также свидетельствует об усилении сейсмической активности в начале н.э.

Следы цунами начала н. э. обнаружены на северном берегу глубоко вдающейся в камчатскую сушу Авачинской бухты, там же, где и следы цунами 1737 г. [15]. Той же, по-видимому, была и причина - сеймотектонический обвал (обвалы?) на южном берегу бухты. Высота заплеска превышала 10 м. Зброшенная цунами на береговой уступ галька в почвенно-пирокластическом чехле прямо перекрыта тефрой КС₁ ~240 г. и имеет, следовательно, близкий к ней возраст.

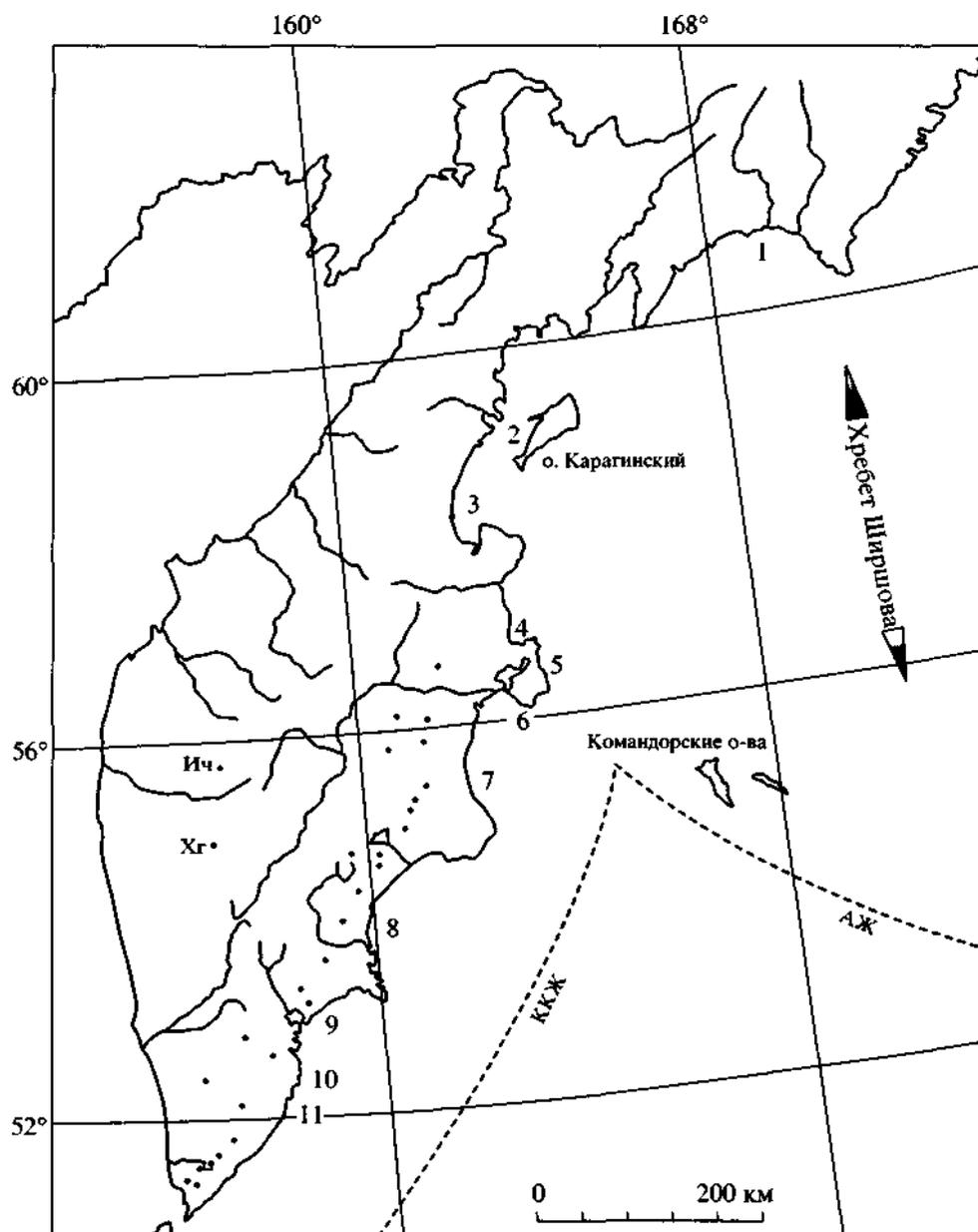


Рис. 6. Участки исследований палеоцунами на Камчатке в 1993-2000 гг. 1 - северное побережье залива Олюторский; 2 - западный берег о. Карагинский; 3 - побережье губы Укинская; 4 - устье р. Столбовая; 5 - бухта Солдатская; 6 - южная часть п-ва Камчатский; 7 - южная и центральная часть побережья Камчатского залива; 8 - южная часть побережья Кроноцкого залива; 9 - Халактырский пляж (Авачинский залив); 10 - бухта Мутная; 11 - бухта Асача.

Есть основания полагать, по данным тефрохронологического датирования крупных обвалов в бассейне р. Быстрая (Эссовская), что достаточно четко выраженная активизация сейсмичности происходила в начале н. э. и в пределах Срединного хребта Камчатки: из 6 изученных там сеймотектонических обвалов 3 возникли 1500-2000 л.н. [31]. Их объемы равны ~ 0.01 , ~ 0.2 и ~ 1.02 км³.

Наблюдения, включая многократные геодезические измерения, за последствиями даже весьма сильных землетрясений (М 8.3 в феврале 1923 г. и

М 8.5 в ноябре 1952 г.) XX в. показали, что сколько-нибудь заметных деформаций земной поверхности (поднятий, опусканий, разрывов, скальных обвалов) на тихоокеанском побережье Камчатки не происходило. Однако они имели место здесь при катастрофическом землетрясении в октябре 1737 г., описанном С.П. Крашенинниковым [10] и Г.В. Стеллером [39], в связи с чем в [15] оно считается аналогом мощнейшего землетрясения 27 марта 1964 г. на Аляске, которое сопровождалось большим количеством обвалов и оползней, а

также многометровыми деформациями прибрежной полосы на протяжении сотен километров [46].

Поэтому землетрясения начала нашей эры на Камчатке, когда ее прибрежная полоса испытала поднятие с амплитудой от 1.5-2 до 12-15 м и когда там произошли многочисленные крупные обвалы, в свою очередь, можно считать аналогами обоих названных землетрясений - 1737 и 1964 г.

Обилие очень свежих большеобъемных сейсмотектонических обвалов, по облику очень сходных с датированными обвалами в бассейне р. Быстрая-(Эссовская), в горных системах Восточного и Срединного хребтов Камчатки [11] с известной долей вероятности позволяет предполагать, что сильными землетрясениями в начале нашей эры была затронута большая часть территории полуострова. Следовательно, признаки катастрофизма были свойственны не только вулканической деятельности, но и сейсмическим проявлениям.

Ответить однозначно на вопрос, как происходило воздымание территории полуострова (общим ли резким рывком сразу на полную амплитуду поднятия и на всей площади, в результате ли нескольких эпизодов поднятия и по отдельным крупным блокам, постепенно ли и т.д.) без прямых наблюдений и измерений невозможно. Поэтому приходится принимать наиболее приемлемый гипотетический вариант развития событий, лучше других согласующийся с имеющимися по данной проблеме материалами.

В этом плане обращают на себя внимание два выявленных факта. Во-первых, отчетливо выражена временная связь между поднятиями и крупными скальными сейсмотектоническими обвалами как на тихоокеанском побережье, так и в горных районах полуострова. Во-вторых, наличие четких крутых уступов, отделяющих цокольные морские, а также аллювиальные террасы начала н. э. от более молодых террасовых уровней, свидетельствующих о быстром врезе. Поскольку известно, что значительного и резкого снижения за последние 2000 лет уровня Мирового океана и соответствующего общекамчатского опускания базиса эрозии не было, то причиной такого поднятия могла быть лишь тектоника.

Оба приведенных факта хорошо согласуются с тем, как подобное поднятие происходило на Камчатке во время эпизода катастрофизма 1737-1742 гг. [15], которое было разовым, субрегиональным и сейсмотектоническим по своей природе, ассоциирующимся с катастрофическим землетрясением в октябре 1737 г. Аналог последнего - катастрофическое Аляскинское землетрясение 1964 г., магнитуда которого достигала 9.2 по шкале Рихтера [35]. Правда, в 1737 г. поднятиехватило не всю Камчатку, а проявилось лишь на юге, до широты п-ва Кроноцкий. Поэтому сейсмотектонический

катастрофизм начала н.э. либо был мощнее, чем в 1737 г., если одномоментно была поднята вся территория полуострова, либо он включал несколько сближенных во времени эпизодов катастрофизма типа 1737 г., когда произошло раздельное поднятие крупных его блоков.

Помимо тектонических землетрясений, связанных непосредственно с сейсмофокальной зоной и с горообразованием, происходило еще и большое количество вулканических землетрясений разной силы, которые обязательно должны были предварять и сопровождать, как показали наблюдения за современными событиями такого рода, почти все извержения рассматриваемого этапа. Особенно мощными они были при кальдерообразующем извержении ~240 г. КС₁ (типа Кракатау 1883 г.) и субкальдерном извержении Бараний амфитеатр ~600 г. (типа Новарупта 1912 г. и Пинатубо 1991 г.). Обнаружены следы вулканических землетрясений, ассоциирующихся с сильными извержениями и других типов: крупные обвалы на вулканах Шивелуч, Безымянный, Плоский Толбачик, Дикий Гребень, на склоне вулкана Козельский - складчато-разрывные деформации почвенно-пирокластического чехла при извержении ~420 г. вулкана Авачинский. Причем вряд ли приведенные последние примеры служили исключением, поскольку сильных извержений за период 0-650 гг. было в десятки раз больше.

3. Эндогенный катастрофизм 0-650 гг. на Камчатке как звено предполагаемого глобального этапа эндогенного катастрофизма I-VII вв. н.э. Извлеченная из сводных работ и каталогов [7,48, 53,56] по хронологии событий и последствий вулканической деятельности на всей Земле за последние 3 тыс. лет выборка катастрофических извержений разных типов с объемом выброшенного и излитого материала >10 км³ показала, что сходный по длительности и положению с рассмотренным выше камчатским этапом эндогенного природного катастрофизма 0-650 гг. временной интервал 0-700 гг. и в глобальном масштабе также резко выделяется по количеству этих событий, по сравнению с аналогичными по продолжительности предшествующего и последующего этапов. Так, в интервале 700 лет до начала н.э. было 3 подобных извержения, в течение первых 700 лет н.э. - 16, а в 700-1400 гг. - 2 (рис. 7). Естественно, что далеко не все еще такие извержения, случившиеся в течение перечисленных этапов, были пока выявлены и датированы. Однако серьезных оснований для предположения о кардинальном изменении количественных соотношений этих событий даже при появлении каких-то новых данных нет.

Наиболее знаменитым и хорошо изученным является сопровождавшееся сильнейшим землетрясением катастрофическое плинианское извержение

вулкана Везувий в 79 г. Тогда были уничтожены города Помпея и Геркуланум, а также погибло много их жителей. Было выброшено $\sim 10 \text{ км}^3$ пирокластических преимущественно в виде тефры, но частично пошедшей также на формирование пемзовых пирокластических потоков и отложений пирокластических волн. Интересно, что извержение 79 г. предварялось почти 700-летним периодом покоя вулкана и дало старт его крупнейшему эруптивному этапу, продолжающемуся до настоящего времени. Десять извержений этого этапа случились до 685 г. [53]. После 79 г. во всем Средиземноморье подобных по силе и последствиям извержений уже не было.

Столь же трагическим по своим последствиям для цивилизации майя оказалось извержение Tietga Blanca ~ 360 г., в ходе которого образовалась кальдера Поранго (Сальвадор) размером $8 \times 11 \text{ км}$ и площадью $\sim 70 \text{ км}^2$. Было выброшено, по оценке И.В.Мелекесцева, $70\text{-}80 \text{ км}^3$ пирокластических дацитового состава. В радиусе более 50 км от эруптивного центра все живое погибло, а древняя цивилизация майя уничтожена. Позднее она переместилась из гор в джунгли и начала возрождаться лишь в VI в.

Еще более сильным по своему геолого-геоморфологическому эффекту, воздействию на остальные компоненты природной среды и человека было, по-видимому, катастрофическое извержение Пра-Кракатау в 416 г., если судить по приведенному в [7] отрывку из яванской "Книги королей", где описывается это извержение и его последствия. "Огромный ослепительный огонь, достигший неба, вырвался из горы Капи (вулкан Кракатау, по И.И. Гуценко, прим. авторов). Весь мир содрогнулся. Гремел гром, разразился шторм, пошел дождь. Гул был ужасающий, в конце концов гора взорвалась на куски и с громадным шумом погрузилась вглубь Земли. Морская вода поднялась и затопила сушу. После того, как вода опала, гора Капи и ее окрестности оказались на морском дне, а остров Ява разделился на две части" [7, с. 147]. Комментируя это событие, И.И. Гуценко предполагает, что извержение 416 г. очень напоминает сопровождавшееся сильнейшими вулканическими землетрясениями и мощнейшим цунами катастрофическое кальдерообразующее извержение 1883 г. вулкана Кракатау.

Максимальный же объем (по разным оценкам, $80\text{-}100 \text{ км}^3$ и более) пирокластических (дацитовая пемза) был выброшен серией из 10 сближенных во времени плинианских и субплинианских извержений ~ 180 г. на Северном острове Новой Зеландии. Их эруптивными центрами были трещины на дне 40-километровой кальдеры Таупо (в вулканотектонической депрессии Таупо-Роториа). Так как в то время там не было, вероятно, населения, то в результате происшедших катастрофических

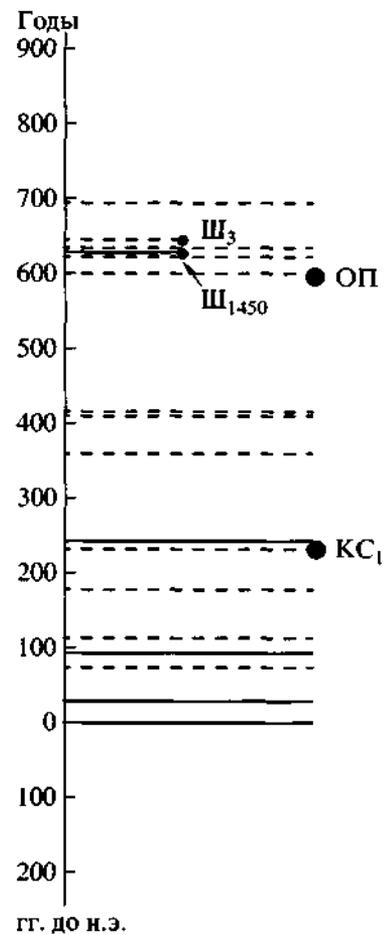


Рис. 7. Хронология по материалам из [3, 7, 16, 19, 52, 56] катастрофических кальдерообразующих и субкальдерных извержений земного шара в I–VII н. э., связанных с выбросом $>10 \text{ км}^3$ базальтово-андезитового материала (сплошные линии) и андезитово-риолитового (пунктирные линии) состава. Линии с точками - камчатские извержения, тефра которых использована в качестве маркирующих горизонтов (КС_1 ~ 240 г., ОП ~ 600 г., Ш₁₄₅₀ ~ 630 г., Ш₃ ~ 650 г.).

извержений и связанных с ними процессов пострадала только окружающая их природная среда, включая морские акватории.

Ближайшие к Камчатке датированные эруптивные центры рассматриваемого этапа, с которыми были связаны катастрофические извержения, находились на Аляске [48, 53, 56]: 2,5-км кальдера КагуаК (отложения пирокластических потоков и тефра дацитового состава) - около 400 г.; кальдера гавайского типа Wrangell размером $4 \times 6 \text{ км}$ и глубиной 1 км на одноименном щитовом вулкане, возникшая около 250 г.; вулкан Bona-Churchill - центр извержения $>10 \text{ км}^3$ дацитовой пемзы (северная лопасть) White River и $>20 \text{ км}^3$, -690 г. (восточная лопасть).

Следует отметить, что аляскинские центры катастрофических извержений были в начале н.э.

самыми северными: Kaguyak - 58.62 N, Вона-Churchill - 61.38 N, Wrangell - 62.00 N [53]. Камчатские центры занимали промежуточное положение, располагаясь в широтном интервале 52°30'-51°30' с.ш. Большинство остальных центров, за исключением вулкана Везувий (40°49' с.ш.) и кальдеры Таупо (38°47' ю.ш.), находились в низких широтах, преимущественно в южном полушарии. Кальдера гавайского типа Powers на вулкане Килауа (~0 г., размер 6 x 8 км) - 19°25' с.ш.; кальдера Porango (~360 г., размер 8 x 11 км) - 13°40' с.ш.; кальдера Rabaul II (-640 г., размер неизвестен) - 4° 16' ю.ш.; кальдера Karkar (~640 г., диаметр 3.2 км) - 4°39' ю.ш.; кальдера Пра-Кракатау (416 г., размер неизвестен) - 6°06' ю.ш.; кальдера Ambrim (-50 г., диаметр 12 км) - 16° 15' ю.ш.

На рис. 7 хорошо видно, что частота катастрофических извержений в течение этапа была достаточно неравномерной с наибольшим количеством событий в его начале и конце: по 4 события в интервалах 0-100 и 600-700 гг. Причем в начале н.э. это было связано главным образом с проявлением вулканизма основного состава (3 кальдеры гавайского типа, сопровождавшиеся массовым выбросом базальтовой тефры в ходе плиннианских извержений), а в конце этапа извергалась пирокластика, отвечающая по составу риодацитам-дацитам. На Камчатке кальдерообразующее извержение КС₁ было ближе по времени к раннему подэтапу, а субкальдерное извержение Бараний Амфитеатр точно приходится на поздний подэтап.

По большинству своих параметров катастрофические извержения I-VII вв. весьма сходны со знаменитыми катастрофическими извержениями 1783-1991 гг. (Лаки, Тамбора, Косегуина, Кракатау, Санта-Мария, Катмаи + Новарупта, Квицапу, Пинатубо). Поэтому их воздействие на природную среду и климат в региональном и глобальном масштабах также должно было быть примерно одинаковым, а, возможно, и большим из-за количества (15 против 8) таких событий в рассматриваемом временном интервале.

Период же 1783-1991 гг. в истории Земли последнего тысячелетия имеет явные черты вулканического катастрофизма, выделяясь по необычно высокой частоте сильнейших эксплозивных и эффузивных извержений и обусловленной ими масштабности и степени воздействия вулканизма на природную среду, катастрофичности процессов и явлений, сопровождавших эти извержения. Каждое из происшедших тогда 8 катастрофических извержений не только привели к крупным площадным необратимым изменениям рельефа и других компонентов природной среды в районе самих эруптивных центров и вулканических областей, где они находились в результате многофакторного (через вулканические процессы, вулкано тектонику, вулканические землетрясения, цу-

нами и др.) воздействия на нее, но и вызывали кратковременные глобальные понижения температуры. Самое значительное из них (на 0.7°C) - после извержения вулкана Тамбора в 1815 г. Прямым следствием таких понижений температуры были аномально суровые зимы и летние холода. Не исключено также, что именно сближенные во времени катастрофические извержения 1815 и 1835 г., а также сильные, пока неизвестные извержения, маркированные кислотными пиками 1809-1810 гг. в ледниковых щитах Гренландии и Антарктиды, послужили одной из причин последнего крупного наступания ледников в середине XIX в. То же самое, по-видимому, происходило и в начале нашей эры в результате катастрофических извержений того времени.

Необычность периода катастрофических извержений 1783-1991 гг. подчеркивается еще и тем, что в предшествующие более чем 700 лет (после 1050 г.) подобное извержение (кальдера Kuwae, ~1425 г.) произошло только один раз.

Поэтому временные интервалы 1783-1991 гг. и 0-700 гг., характеризующиеся аномально большим количеством и частотой катастрофических извержений, оказавших значительное воздействие на природную среду вулканических областей и заметно влиявших на климат Земли, можно отнести к глобальным этапам вулканического катастрофизма.

Подавляющее количество вновь возникших в I-VII вв. вулканических форм, как и на Камчатке, было представлено одноактными образованиями: шлаковыми и лавовыми конусами с лавовыми потоками и без них, экструзивными куполами, маарами и т.д. Датированных многоактных вулканов известно пока только два: вулкан Нгаурухое на Северном острове Новой Зеландии, начавший формироваться ~2000 л.н., и вулкан Piton de la Fournaise на о. Реюньон, тоже возникший ~2000 л.н. в гигантском (размер 8 x 15 км) обвальном цирке или обвальном-взрывном кратере (по мнению И.В. Мелекесцева), а не в кальдере обрушения, как это принято считать [48, 53]. Наибольшее число одноактных вулканических форм датировано сейчас на территории Северной Америки и Ближнего Востока.

Как и на Камчатке, в других областях молодого вулканизма тоже имелось много вулканов, которые стали извергаться в рассматриваемом временном интервале после длительных периодов покоя: Эльбрус в Главном Кавказском хребте [1], кальдера Санторин в Средиземноморье, Тенериф (Канарские о-ва), Орисаба (Мексика) и др [7, 53]. Между вулканизмом начала н.э. на Камчатке (см. раздел 1) и других областей земного шара имеется большое сходство и по остальным главным особенностям проявления вулканической деятельности этого времени: большому количеству действующих

вулканов, объема и интенсивности выноса вещества, разнообразию изверженных продуктов и т.д.

Таким образом, по своим характеристикам и времени проявления (0-650 гг.) этап катастрофизма на Камчатке практически идентичен (естественно, за исключением общего числа действующих вулканических аппаратов, объема изверженных продуктов и суммарного геолого-геоморфологического эффекта) глобальному этапу вулканического катастрофизма 0-700 гг.

Что касается катастрофических событий и явлений, связанных с активизацией в начале н.э. тектонических движений, вулканотектоники и сейсмичности, включая вулканические землетрясения, то картина здесь менее однозначная из-за недостатка материалов по этой проблематике в большинстве других регионов.

Относительно просто и достоверно задача решается применительно к вулканическим землетрясениям и вулканотектонике, которые в значительной степени или напрямую зависят от типа и мощности вулканических извержений. Максимальной же силы эти процессы и их геолого-геоморфологический эффект достигают, как показывает мировой опыт современных наблюдений, непосредственно перед и в ходе катастрофических кальдерообразующих и субкальдерных извержений, а также при возникновении новых крупных вулканических аппаратов; в последнем случае - особенно при подаче на поверхность вязкой андезитовой или более кислой магмы. Надо отметить, что это случалось, хотя и реже, при поступлении на поверхность большого объема базальтов. Вероятно, наиболее ярким примером подобного события начала нашей эры является возникновение обширного (см. выше) обвального цирка или обвально-взрывного кратера на острове-вулкане Реюньон в Индийском океане, которое предвляло формирование базальтового вулкана Piton de la Fournaise. Не исключено, что здесь мог быть еще и мощный направленный взрыв. В результате в океан обрушилось несколько десятков кубических километров вулканической постройки, что должно было вызвать огромной высоты цунами. Ассоциирующаяся с этими событиями подводная гигантская обломочная лавина обнаружена и исследована французскими океанологами.

Так как образование кальдер Aoba и Ambgrim на вулканах, расположенных на небольших островах, сопровождалось не только сильнейшими вулканотектоническими деформациями их построек, но и массовым выбросом громадных объемов базальтовой пирокластики, попадавшей преимущественно в море, то в ходе этих катастрофических извержений, несомненно, должны были возникать мощные цунами. Историческими аналогами подобных событий служат однотипные с

названными кальдерообразующие извержения вулканов Тамбора в 1815 г. и Кракатау в 1883 г.

Необратимые вулканотектонические деформации рельефа базальтовых вулканов и вулканические землетрясения происходили и при формировании на них кальдер гавайского типа (кальдера Powers размером 6 x 8 км на вулкане Килауэа - о. Гавайи, кальдера диаметром 1.8-2 км на вулкане Плоский Толбачик - Камчатка и др.).

Известны также разрушительное (>9 баллов по 12-балльной шкале) землетрясение 5 февраля 62 г. [45] и значительное вулканотектоническое опускание суши, непосредственно не связанные с извержением. Оба эти события произошли в районе позднеплейстоценовой кальдеры Флегрейских полей (Италия). Землетрясение 62 г. случилось за 17 лет до плининского извержения Везувия в 79 г., а в начале н.э. здесь же под воду на глубину ~4 м погрузился фрагмент дна кальдеры на берегу Неаполитанского залива с расположенным там знаменитым храмом Сераписа в г. Поццуоли. Сильное землетрясение произошло там и в 64 г. [45].

Поскольку количество лишь датированных катастрофических вулканических событий начала н.э., с которыми были связаны кардинальные вулканотектонические деформации земной поверхности и сильнейшие вулканические землетрясения, достигает 17 (см. выше), а фактически их было, вероятно, еще намного больше, то вполне определенно можно судить также о субсинхронном глобальном этапе катастрофизма проявления и этих процессов.

Гораздо сложнее обстоит дело с ответом на вопрос: сопровождалась ли этапы катастрофизма вулканической деятельности, вулканотектоники и вулканических землетрясений начала н. э. с соответствующей общей активизацией, как на Камчатке, тектонических движений и тектонической сейсмичности в других молодых вулканических областях земного шара? К сожалению, ответить на него однозначно пока невозможно. Это связано прежде всего с тем, что скорее всего специальные исследования по соотношению вулканической деятельности и тектонической активности для голоценового временного интервала там не проводились, в том числе, и для первых столетий н. э. Во всяком случае, авторам статьи они неизвестны.

Не являются в этом плане исключением даже высокосейсмичные области молодого вулканизма с давно возникшими цивилизациями (Япония и Ближний Восток). В Японии, по историческим хроникам, в интервал I-VII вв. попадает лишь одно событие - мощное (M 8.4) тектоническое землетрясение 684 г. у ЮВ побережья о. Кюсю, сопровождавшееся сильным цунами [37]. Тогда под воду опустился участок площадью 12 км². На Ближнем Востоке и на Аравийском полуострове в 200-650 гг., судя по летописям, возникли 7 одно-

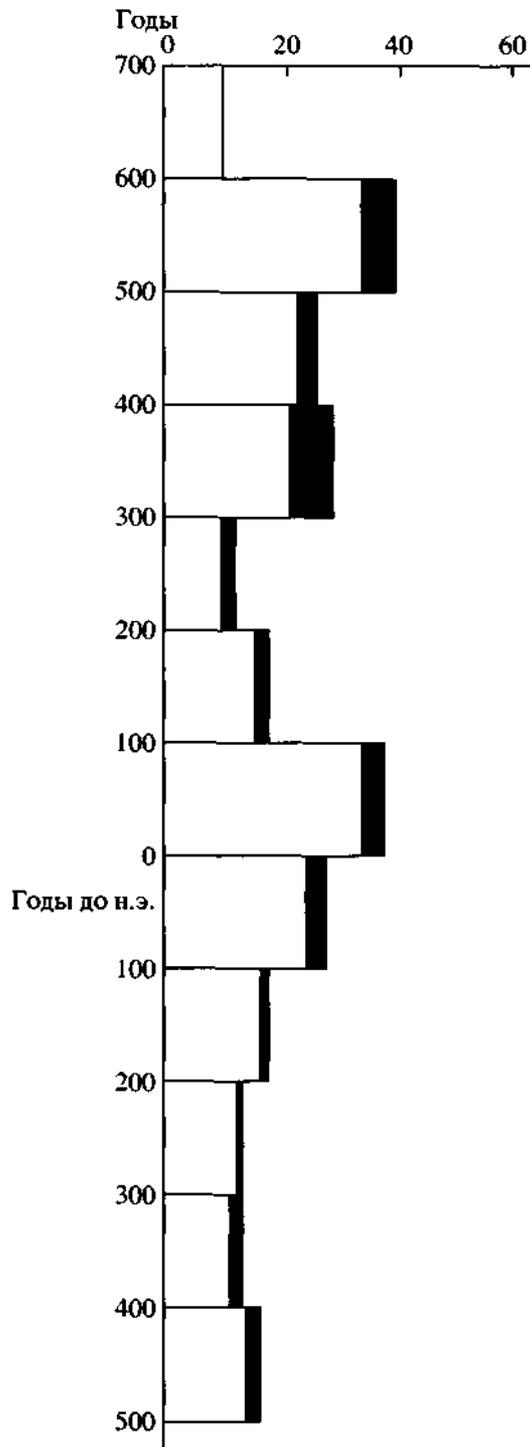


Рис. 8. Хронология сильнейших землетрясений и цунами в Средиземноморье в V-I вв. до н. э. - I-VII вв. н. э. (по материалам из [37, 45, 54]). По оси абсцисс - количество событий. Заливка - землетрясения, сопровождавшиеся цунами.

актных вулканических форм, сложенных базальтами [7,53]. Но никаких данных о том, сопровождалось ли их образование тектоническими и сеймотектоническими деформациями земной поверхности или землетрясениями, не приводится.

Несколько отличное положение в этом плане занимает Средиземноморье. Для него и сопредельных территорий в исторических хрониках имеется гораздо больше документальных сведений по тектоническим землетрясениям, подвижкам и деформациям земной поверхности в начале н. э. В основном эти сведения относятся к 8-10-балльным землетрясениям, разрушавшим древние города и прилежащие к ним участки: Диоскурия - в I в. н. э., Эпидавр - в 363 г., Себастополис - в IV в. до н. э., один из городов Анталии, который ушел под воду в 240 г. [25, 26 и др.]. Наиболее полно материалы по характеристике подобных событий обобщены в крупной монографии Е. Guidobonie [45]. Опираясь на приведенные там данные, можно заключить, что начало н.э. и предшествующее столетие отличались заметно более высокой сейсмичностью по сравнению с предварающим и последующим этапами. Причем, как и для вулканической активности этого времени, отчетливо выделяются два подэтапа с максимальной интенсивностью сейсмических проявлений (I в. до н. э. - I в. н. э. и IV-VI вв. н. э.), разделенные 200-летним подэтапом относительно пониженной сейсмичности (рис. 8): соответственно 66(33/100 лет), 26(13/100 лет) и 95(~32/100 лет) землетрясений. В VII в. резкий спад сейсмичности - всего 9 землетрясений. Однако подэтапы сейсмичности здесь смещены по отношению к глобальным вулканическим подэтапам примерно на 100 лет назад (рис. 7, 8).

Согласно сводкам по цунами в Средиземноморье за последние 4 тыс. лет [38,54], многие сильные тектонические и вулканотектонические землетрясения I-VII вв. сопровождались погружениями обширных участков прибрежной суши и цунами разной силы. Хронология и частота цунами в целом хорошо согласуются с хронологией и частотой происходивших здесь землетрясений (рис. 8).

Приведенные данные позволяют заключить, что для Средиземноморья, как и для Камчатки, первые века н. э., когда там часто извергалось большинство действующих вулканов (Этна, Везувий, Вулкано, Санторин, Искья), также были и временем субсинхронного интенсивного проявления тектонических землетрясений, сеймотектоники и вулканотектоники.

Совпадали ли во времени этапы интенсивного вулканизма и высокой сейсмичности помимо Камчатки и Средиземноморья в других молодых вулканических областях земного шара пока неизвестно из-за недостатка данных по этой проблеме. Однако мы предполагаем, что такое совпадение и там было вполне вероятно, а этап эндогенного катастрофизма начала н. э. мог иметь глобальный характер.

Выводы. 1. Проведенные детальные исследования истории эруптивной активности, последствий тектонических движений и сейсмических проявлений показали, что 1-650 гг. были на Камчатке на

протяжении нашей эры этапом самого мощного регионального эндогенного катастрофизма, носившего комплексный характер. К данному этапу были приурочены последние к настоящему времени катастрофические кальдерообразующее извержение КС₁ (~240 г.) и субкальдерное извержение Оп (~600 г.), возникновение новых вулканов, а также аномально высокая активность большинства ранее существовавших действующих вулканов. Субсинхронно произошло общее резкое тектоническое поднятие всей территории полуострова, амплитуда которого на разных участках варьировала от 1,5-2 до 12-15 м. Поднятие сопровождалось сильнейшими ($M > 8.5$) землетрясениями, большеобъемными скальными обвалами и цунами.

2. Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что вулканический катастрофизм этого времени на Камчатке проявился на фоне общеглобального вулканического катастрофизма начала нашей эры.

3. Предполагается, что в молодых вулканических областях земного шара, как на Камчатке и в Средиземноморье, эндогенный катастрофизм начала нашей эры был многофакторным (вулканизм + вулканотектоника, тектоника + сеймотектоника, интенсивная сейсмичность) и многокомпонентным (частые и сильные, вплоть до катастрофических, извержения, региональные пеплопады, мощные лавы, резкие и быстрые значительные тектонические и вулканотектонические деформации земной поверхности, катастрофические землетрясения, большеобъемные скальные обвалы, частые цунами и т.д.).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №00-05-64299).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Радиоуглеродное датирование голоценовых извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ, Россия)//Докл. РАН. 1998. Т. 363. № 2. С. 219-221.
2. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Богдавленская Г.Е., Максимов А.П. Вулкан Безымянный: история формирования и динамика активности // Вулканология и сейсмология. 1990. № 2. С. 3-22.
3. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Кирьянов В.Ю. Последнее кальдерообразующее извержение на Камчатке (вулкан Ксудач) 1700-1800¹⁴С лет назад // Вулканология и сейсмология. 1995. № 2. С. 30-49.
4. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Флеров Г.Б. и др. Голоценовый вулканизм Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов // Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка, 1975-1976. М.: Наука, С. 177-223.
5. Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В. Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцено и их отражение в Гренландском ледниковом щите // Докл. РАН. 1977. Т. 352. № 4. С. 516-518.
6. Брайцева О.А., Флоренский И.В., Пономарева В.В., Литасова С.Н. История активности вулкана Кихпинич в голоцено // Вулканология и сейсмология. 1985. № 6. С. 3-19.
7. Гуценко И.И. Извержения вулканов Мира. Каталог. М.: Наука, 1979. 476 с.
8. Егорова И.А. Возраст и палеогеографические условия формирования вулканогенноосадочных отложений Узон-Гейзерной кальдерной депрессии на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1993. № 2. С. 27-13.
9. Заякин Ю.Я., Лучинина А.А. Каталог цунами на Камчатке. Обнинск: ВНИИГМИЦД, 1987. 50 с.
10. Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. М.-Л.: Главсевморпуть. 1949. 843 с.
11. Мелекесцев И.В. О сеймотектонических обвалах и оползнях на Камчатке // Вопросы географии Камчатки. Вып. 3. Петропавловск-Камчатский. 1965. С. 107-108.
12. Мелекесцев И.В. Типы и возраст действующих вулканов Курило-Камчатской зоны // Бюл. вулканол. станций. 1973. № 49. С. 17-23.
13. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 212 с.
14. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование в антропогене // Дисс. в форме доклада ... доктора геол.-мин. наук. М.: 1994. 116 с.
15. Мелекесцев И.В. Историческая (1737-1742 гг.) природная катастрофа на Камчатке как модель будущих региональных природных катастроф на островных дугах Северной Пацифики // Катастрофические процессы и их влияние на природную среду. Т. 1. Вулканизм. М.: Наука, 2002. С. 198-225.
16. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Базанова Л.И. и др. Особый тип катастрофических эксплозивных извержений - голоценовые субкальдерные извержения Хангар, Ходуткинский "маар", Бараний Амфитеатр (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1996. № 2. С. 3-24.
17. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. Динамика активности вулканов Мутновский и Горелый в голоцено и вулканическая опасность для прилегающих районов (по данным тефрохронологических исследований) // Вулканология и сейсмология. 1987. № 3. С. 3-18.
18. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. Новый подход к определению понятия "действующий вулкан" // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский. 2001. С. 191-203.
19. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Катастрофические кальдерообразующие извержения вулкана Ксудач в голоцено // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 53-58.
20. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. "Век" вулканических катастроф в раннем голоцено Курило-Камчатской области // Глобальные изменения природной среды.

- Новосибирск: Изд. СО РАН НИЦ ОИГГМ. 1998. С. 146-152.
21. Мелекесцев И.В., Курбатов А.В. Частота крупнейших палеосейсмических событий на северо-западном побережье и в Командорской котловине Берингова моря в позднем плейстоцене-голоцене // Вулканология и сейсмология. 1997. № 3. С. 3-11.
 22. Мелекесцев И.В., Курбатов А.В., Певзнер М.М., Сулержицкий Л.Д. Доисторические цунами и сильные землетрясения на полуострове Камчатском (Камчатка) по данным тифрохронологических исследований // Вулканология и сейсмология. 1994. № 5. С. 106-115.
 23. Мелекесцев И.В., Курбатов А.В., Сулержицкий Л.Д., Певзнер М.М. Сравнение скоростей поднятия побережья Камчатского залива Тихого океана и о. Карагинский // Всерос. совещ. по изуч. Четв. Периода: Тез. докл. М.: 1994. С. 164.
 24. Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Волынец О.Н. Вулкан Кизимен (Камчатка) - будущий Сент-Хеленс? // Вулканология и сейсмология. 1992. № 4. С. 3-32.
 25. Никонов А.А. Гибель античных городов Диоскурни и Себастополиса как результат сейсмических воздействий // Геоэкология. 1997. № 4.
 26. Никонов А.А. О причинах гибели древних городов в Сухумской бухте // Геоэкология. 1997. № 6. С. 121-125.
 27. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
 28. Овсянников А.А., Хренов А.П., Муравьев Я.Д. Современная фумарольная деятельность на вулкане Дальний Плоский // Вулканология и сейсмология. 1985. № 5. С. 97-98.
 29. Певзнер М.М., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В. Черный Яр - реперный разрез голоценовых маркирующих пеплов северо-восточного побережья Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С. 3-18.
 30. Пийп Б.И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944-45 гг. и в прошлом // Тр. Лаб. вулканологии. М.: Изд. АН СССР, 1956. Вып. 11. 308 с.
 31. Пинегина Т.К. Голоценовые сеймотектонические обвалы в долине р. Быстрой-(Эссовской) (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2001. № 3. С. 39-44.
 32. Пинегина Т.К., Базанова Л.И., Мелекесцев И.В. и др. Доисторические цунами на побережье Кроноцкого залива, Камчатка, Россия (предварительное сообщение) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 2. С. 66-74.
 33. Пинегина Т.К., Мелекесцев И.В., Брайтцева О.А. и др. Следы доисторических цунами на Восточном побережье Камчатки // Природа. 1997. № 4. С. 102-106.
 34. Пономарева В.В. Вулкан Крашенинникова: история формирования и динамика активности // Вулканология и сейсмология. 1987. № 5. С. 28-43.
 35. Сейсмичность Аляски // Природа. 2001. № 10. С. 82-83.
 36. Селянгин О.Б., Пономарева В.В. Строение и развитие Гореловского вулканического центра, Южная Камчатка // Вулканология и сейсмология. 1999. № 2. С. 3-23.
 37. Соловьев С.Л., Го Ч.Н. Каталог цунами на западном побережье Тихого океана. М.: Наука, 1974. 310 с.
 38. Соловьев С.Л., Го Ч.Н., Ким Х.С. и др. Цунами в Средиземном море 2000 г. до н. э. - 1991 г. М.: Наука, 1997. 140 с.
 39. Стеллер Г.В. Описание земли Камчатки. Петропавловск-Камчатский. Изд. центр типографии СЭТО-СТ. 1999. 210 с.
 40. Bazanova L.I., Pevzner M.M. Khangar - one more active volcano in Kamchatka, Russia // Abstracts of IAVCEI General Assembly 2000: Exploring volcanoes utilisation of their resources and mitigation of their hazards. General Assembly 2000. Bali, Indonesia. P. 140.
 41. Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. The ages of calderas, large explosive craters and active volcanoes in the Kuril-Kamchatka region, Russia // Bull. Volcanol. 1995. 57/6. P. 383-402.
 42. Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D., Melekestsev I.V., Bailey J. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // Quaternary Res. 1997. V. 47. P. 125-139.
 43. Bursik K.M., Melekestsev I.V., Braitseva O.A. Most recent fall deposits of Ksudach volcano Kamchatka, Russia // Nature. 1983. V. 301. P. 115-119.
 44. Fierstein J., Hildreth W. The plinian eruptions of 1912 at Novarupta, Katmai National Park, Alaska // Bull. Volcanol. 1992. V. 54. № 8. P. 646-684.
 45. Guidoboni E. I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea. Bologna. 1989. 766 p.
 46. Hansen W.R. Effects of the Earthquake of Mars 27, 1964 at Anchorage, Alaska // Geol. Survey Professional Paper 542-A. Washington. 1965. 112 p.
 47. Hildreth E.W. The compositionally zones eruption of 1912 in the Valley of the Ten Thousand Smokes, Katmai National Park, Alaska // J. Volcanol. and Geotherm. Res. 1983. V. 18. P. 1-56.
 48. Newhall Ch.G., Dzurisin D. Historical Unrest at Large Calderas of the World. V.I, 2 // U.S. Geological Surv. Bull. 1855. Washington. 1988. 1108 p.
 49. Ponomareva V.V., Dirksen O.V., Sulerzhitsky L.D. Eruptive history of Dikiy Greben volcano — the largest Holocene extrusive edifice in Kamchatka, Russia // Abstracts of the international Workshop on Volcanoes Commemorating the 50-th Anniversary of Mt. Showa-Shinzan. 1995. P. 159.
 50. Ponomareva V.V., Pevzner M.M., Melekestsev I.V. Large debris avalanches and associated eruptions in the Holocene eruptive history of Shiveluch volcano, Kamchatka, Russia // Bull. of Volcanology. 1998. 59/7. P. 490-505.
 51. Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D., Dirksen O.V., Zaretskaya N.E. Holocene paleosoils as records of intervals of volcanic quiescence in the Kurile Lake region, South Kamchatka / Eds Juvigne E. & Raynal J.P. "TEPHRAS, chronology, archaeology". Les dossiers de l'Archeo-Logis № 1. CDERAD ed. P. 91-100.
 52. Simkin T., Fiske R.S. Krakatau. The volcanic eruption and its effects. Washington, D.C. 1883. 464 p.

53. *Simkin T., Siebert L.* The Volcanoes of the World. Geoscience Press. Tucson. 1994. 349 p.
54. *Soloviev S.L., Solovieva O.N., Go Ch.N. et al.* Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 B.C. - 2000 A.D. Hardbound. 2000. 260 p.
55. *Stuiver M., Reimer P.J., Bard E. et al.* INTCAL 98 Radiocarbon age calibration 24.000 - 0 cal // Radiocarbon. 1998. V. 40. P. 1041-1083.
56. Volcanoes of North America: United States and Canada / Eds. Wood Ch.A., Kienle J.). Cambridge University Press, 1990. 354 p.

**0-650 A.D.: a Phase of Great Natural Catastrophism during Our Era
in Kamchatka**

**I. V. Melekestsev, O. A. Braitseva, V. V. Ponomareva, L. I. Bazanova,
T. K. Pinegina, O. V. Dirksen**

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

We have identified, and describe in this paper, a phase of multifactor natural catastrophism that has been the greatest during our era in Kamchatka, to be dated 0-650 A. D. Its chief components were. The last catastrophic eruptions to have occurred (a caldera-generating one at about 240 A. D., the pyroclastics volume being 18–19 km³ and a subcaldera one around 600 A. D. with the volume of lava and pyroclastics 9.5-10.5 km³) which were followed by irreversible relief changes over areas of hundreds of square kilometers and have affected rather injuriously many other environmental components. An exceptionally intensive activity of the other volcanoes (at least 75-80% of all active and potentially active Kamchatkan volcanoes were erupting, tens of large and catastrophic eruptions occurred). Regional catastrophic and large ashfalls. A sharp, large-amplitude (between 1.5-2 and 12–15 m) tectonic uplift of various blocks in Kamchatka. Large earthquakes accompanied by large-volume rockfalls, landslides, large and frequent tsunamis. The catastrophic events of that time are argued to have been part of a worldwide phase of natural catastrophism that we hypothesize to have occurred at the beginning of our era.