

УДК 551.21+551.24

КАТАСТРОФИЧЕСКОМУ ЭКСПЛОЗИВНОМУ ИЗВЕРЖЕНИЮ 28 марта 1907 г.
 КОНУСА ШТЮБЕЛЯ (ВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ КСУДАЧ) – 100 лет

И.В. Мелекесцев

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
 683006, e-mail: melekestse@ksc.net.ru*

Вулкан Ксудач на Южной Камчатке (точнее крупный вулканический массив с активным конусом Штюбеля) – один из наиболее интересных и сложно построенных вулканических аппаратов на Камчатском полуострове (рис. 1).



Рис. 1. Кальдерный комплекс Ксудач (вид из космоса). В центре - сложной конфигурации оз. Штюбеля в кратере 1907 г. и озеро Ключевое в кальдере 240 г.

Вулканический массив Ксудач – крупный (средний поперечник основания ~ 25 км, площадь ~ 490 км², объем ~ 120 км³) пологосклонный (от 3-4° внизу до 7-8° вверх) щит, увенчанный в привершинной части сложно построенным кальдерным комплексом из пяти наложенных одна на другую кальдер разного возраста и строения (рис. 2). Несмотря на некоторое внешнее сходство постройки Ксудаца с крупными щитовыми вулканами исландского типа, это не щитовой вулкан, а своеобразное полигенетическое образование, в строении которого принимают участие лавы, шлаки, игнимбриты, туфы, отложения пемзовых пирокластических потоков, мощные горизонты тефры. Площадь кальдерного

комплекса ~ 70 км², а суммарный объем полостей кальдер ~ 7 км³ (без учета кальдерного заполнения осадками, так как, на самом деле, объем кальдер был намного больше). Внутри наиболее молодой из кальдер, возникшей около 240 г. [1,7], и расположен активный конус Штюбеля. Именно он извергался в марте 1907 г. Подножие щита на западе, севере и юге находится на абсолютных отметках 150-200 м, на востоке, где высоко поднимаются плиоценраннеплейстоценовые породы фундамента, - 450-500 м. Из-за этой асимметричности относительная высота щита на востоке 500-550 м, а в других секторах – 650-700 м.

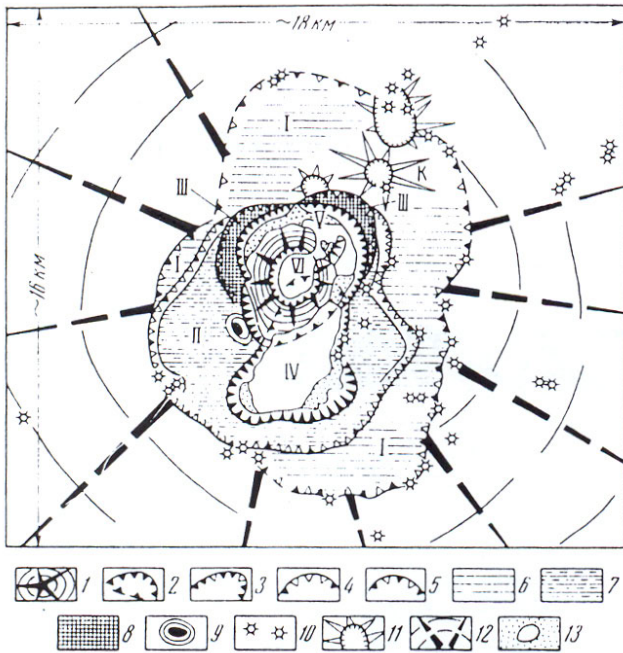


Рис. 2. Геоморфологическая схема привершинной части вулканического массива Ксудач: 1 - активный конус Штюбеля; 2 - уступы кальдер и крупнейших кратеров голоценового возраста; 3-5 - уступы кальдер позднеплейстоценового возраста (3 - КСIII, 4 - КСII, 5 - КСИ); 6-8 - фрагменты дниц кальдер (6 - КСИ, 7 - КСII, 8 - КСIII); 9 - вершинная часть экструзивного купола с фумарольным полем Парящий утес; 10 - мелкие одноактные эруптивные центры (лавовые и шлаковые конусы); 11 - конусы существенно лавовых стратовулканов; 12 - верхняя часть щита Ксудача; 13 - озерные равнины и озера; К - гора Каменистая. Римские цифры: I-V - номера кальдер Ксудач, VI - кратер Штюбеля.

Катастрофическое эксплозивное кальдерообразующее извержение ~ 240 г. было крупнейшим на Камчатке за последние 7 тыс. лет. По своим масштабам, типу, объему и составу изверженной пироклаستيку (18-19 км³, риодацит, VEI 6) оно очень похоже на знаменитое извержение Кракатау 1883 г. Размер возникшей кальдеры – 4-6.5 км площадь по бровке уступа – 19 км², а первичный объем ее полости был примерно равен 6.5-7 км³ [1]. Сразу же после образования кальдеры в ней вырос небольшой дацитовый экструзивный купол в ее СВ секторе. Аналогичный купол, судя по данным батиметрии, проведенной С.М. Фазлуллиным (устное сообщение), возможно имеется и на дне оз. Ключевое, которое заполнило кальдерную впадину.

Через короткое время (не более 100 лет, судя по очень небольшой мощности почвы на кальдерной пирокластике) в этой кальдере стал формироваться новый стратовулкан – конус Штюбеля. Его первичные продукты, в отличие от риодацитовой пироклаستيку кальдерообразующего извержения, были представлены преимущественно андезибазальтами и андезитами с содержанием 54-62% SiO₂. Причем извержение 1907 г. предварялось двумя крупными извержениями: КШТ₁ (1000-900 ¹⁴С л.н., объем тефры 1 км³) и КШТ₂ (~ 300 ¹⁴С л.н., объем тефры 0.4-0.5 км³). Высоты их эруптивных колонн превышали соответственно 15 и 10 км [10]. Горизонты тефры обоих извержений, мощностью до нескольких метров вблизи конуса Штюбеля, имеют двухчленное строение: их нижняя часть представлена черными андезибазальтовыми лапилли или гравия шлака с содержанием 55-56% SiO₂, а верхняя часть – светло-серыми пемзовыми бомбами и лапилли с SiO₂ от 56 до 68%. Среди пемзовых бомб в изобилии встречаются полосчатые разности, в которых состав полос разнится по содержанию SiO₂ на 6-8% [3].

Конус Штюбеля находится на расстоянии 155 км к ЮЗ от г. Петропавловск-Камчатский: координаты центра самого крупного (диаметр 1.5 км) его кратера 1907 г. - 51°49.'2 с.ш., 157°31.'9 в.д. диаметры двух других (см. рис. 1,2) – 0.6 и 0.4 км. Все три кратера образуют цепочку, ориентированную в ССВ направлении.

Следует отметить, что самого извержения 28 марта 1907 г. конуса Штюбеля никто не видел, поскольку он тогда находился, да и сейчас находится, вдали от населенных пунктов. Поэтому феноменология и последствия извержения непосредственно наблюдались и были детально описаны лишь в г. Петропавловске-Камчатском. Как это выглядело там, изложено в статье будущего академика-геолога и президента АН СССР А.П. Карпинского, посвященной описанию вулканического песка извержения 1907 г.

«С вечера 15 (28) марта 1907 г. около Петропавловска в Камчатке разразилась совершенно необычная в это время гроза, сопровождавшаяся после первого громового удара падением песка, затмившего небо почти до полной темноты. Гроза окончилась около 4¹/₂ ч. утра 16 марта. Смотритель Петропавловского маяка Лосев доставил в Главную физическую обсерваторию образец выпавшего песка, собранного в дождемер с поверхностью приемника в 500 кв. сантиметров в количестве 3 фунтов 24 золотников. Переданный мне Обсерваторией для определения образец оказался вулканическим песком, состоящим из кусочков пемзы и лавы, включающих выделения тех минералов, которые находятся в песке в виде отдельных кристаллов, большую часть разломанных. Минералы эти являются полевыми шпатами (плагиоклазом и санидином), пироксенами (авгитом и гиперстеном) и магнетитом. Характер почти всех составных частей песка, подвергшихся более или менее сильному перетиранию, указывает на вероятное происхождение его из отвердевшего уже вулканического материала. Преобладающую по объему часть представляют кусочки пемзы, нередко настолько пористые, что плавают в воде. Величина их обыкновенно достигает 1.6 мм, редко 2 мм в наибольшем поперечнике. Величина кусочков лавы обыкновенно не более 0.7 мм. Размеры различных отдельных кристалликов и их обломков еще меньше, около 0.15-0.5 мм, и лишь тонкие кристаллы гиперстена достигают иногда длины 1 мм или несколько более. Наименьшие размеры свойственны преимущественно магнетиту. Еще меньшую величину имеют включения магнетита в лаве и довольно частые его включения в пироксенах. Таким образом, собранный в Петропавловске материал является в некоторой степени отсортированным: тончайшие пылеобразные частицы, без сомнения обильные при извержении, отвеяны, а величина остальных составных частей вулканического песка находится в заметном обратном соотношении с их удельным весом. В насыщенной жидкости Туле всплывающие пемза, лава и полевые шпаты легко отделяются от тонущих пироксенов и магнетита» [5, с. 15].

Пеплопад продолжался около 6 часов. В пепловой туче были видны молнии в виде «зигзагообразных мазков кистью фиолетового цвета».

В пересчете, 3 фунта 24 золотника равны 1.33 кг, которые выпали на площади 500 см^2 . Из этого следует, что нагрузка на 1 м^2 подстилающей поверхности составляла в районе маяка у входа в Авачинскую бухту около 26.6 кг. Очевидцы (Э. Штеллинг и др., по [2]) сообщали также, что в городе грубый вулканический песок выпал слоем около 2-3 см.

Приведенные результаты прямых наблюдений сразу показывают, что пеплопад в г. Петропавловске-Камчатском был связан с очень сильным эксплозивным извержением. Для сравнения, во время знаменитого катастрофического извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. в п. Ключи тоже выпало около 25 кг тефры на один квадратный метр, но на расстоянии всего 42 км от эруптивного центра, а не 155 км, как в Петропавловске-Камчатском. Причем безымянская тефра 1956 г. была представлена в Ключах алевропелитом с примесью тонкозернистого песка, а ксудачская 1907 г. в городе – крупно- и грубозернистым песком с размерами частиц до 2 мм.

Отмечено также [2], что тонкий пепел извержения 1907 г. выпал не только по всей Камчатке вплоть до поселков Тигиль (на ее западе, ~ 670 км к ССВ от кратера вулкана) и Карага (на востоке полуострова, 880 км к СВ от кратера), но долетел и до северного берега Охотского моря – в Ямск и Охотск (1100-1200 км к СЗ от кратера). Сектор зоны пеплопада составил $80-90^\circ$, а площадь зафиксированного выпадения тефры превысила 700-800 тыс. км^2 . Это тоже в несколько раз больше площади зоны безымянского пеплопада 1956 г. Почти 6-кратная разница характерна и для объемов их тефры: $1.5-2 \text{ км}^3$ – в 1907 г. [7] и 0.3 км^3 – в 1956 г. [6].

Однако наблюдающиеся различия связаны не с силой, а с типом произошедших извержений: в 1907 г. выбрасывалась только тефра, а в 1956 г. главная доля изверженной ювенильной пироклаستيки пошла на формирование большеобъемных ($0.7-0.8 \text{ км}^3$) пирокластических потоков. Более того, по объему и массе выброшенной ювенильной пироклаستيки (1 км^3 , 10^9 т – конус Штюбеля; 1 км^3 , $1.4 \div 1.5 \times 10^9 \text{ т}$ – вулкан Безымянный) они вполне соизмеримы.

Что касается интенсивности выноса вещества, а соответственно и мощности катастрофических извержений конуса Штюбеля в 1907 г. и вулкана Безымянный в 1956 г., то последнее было явно мощнее, чем, вероятно, и объясняется намного большая (40-45 км, по [4]) высота безымянского эруптивного облака, по сравнению с ксудачским – 22 км [10].

При сравнении извержений конуса Штюбеля в 1907 г. и вулкана Безымянный в 1956 г. обращают внимание еще несколько их интересных сходных особенностей. Во-первых, каждому из них предшествовал длительный период покоя: для конуса Штюбеля – 300 лет, для вулкана Безымянный – 1000 лет. Во-вторых, оба они начались в самом конце марта: 28 марта 1907 г. и 30 марта 1956 г. Наконец, главные оси пеплопадов в 1907 г. (рис. 3) и в 1956 г. [4 и

др.] были одинаково ориентированы в ВСВ направлении. Правда, при извержении конуса Штюбеля была и еще одна ось пеплопада, направленная к ЮЮВ от его кратера.

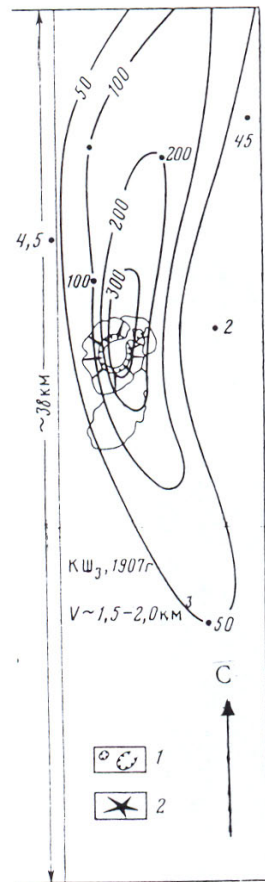


Рис. 3. Изопахита (см) тефры катастрофического эксплозивного извержения конуса Штюбеля (вулканический массив Ксудач) 28 марта 1907 г. вблизи эруптивного центра. Цифры рядом с точками - мощность тефры в см в опробованных разрезах. 1 - кратеры конуса Штюбеля, возникшие в 1907 г.; 2 - конус Штюбеля.

Проведенные позднее исследования [1, 3, 6, 7-10 и др.] позволили выявить и другие особенности и последствия извержения 28 марта 1907 г. Были детально изучены и его изверженные продукты [1,3 и др.]. На примере этого извержения решались и другие задачи. В частности, проблема восстановления растительности в зоне его пеплопада при разной мощности тефры и на разном удалении от вулкана.

Так, было установлено, что практически сразу после извержения образовавшиеся кратеры были заполнены водой, возникло сложное по конфигурации оз. Штюбеля, питающее р. Теплую – один из истоков р. Ходутки. Оно соединялось с ранее существовавшим в кальдере 240 г. озером Ключевое. Сейчас озера разделены перемычкой (см. рис. 1,2), которая образовалась после 1910 г. По рекам Теплая и Ходутка долгое время выносилось на тихоокеанское побережье и в океан огромное количество пемзы [2].

Характер изменения мощности грубой тефры извержения 1907 г. в ближней зоне от эруптивного центра представлен на рис. 3. Хорошо видно, что, во-первых, мощность тефры здесь весьма велика. Причем внутри изопахиты 300 см максимальная мощность тефры достигает 7-8 см. Во-вторых, четко вырисовываются две хорошо выраженные оси пеплопада – главная, ориентированная в ССВ направлении (практически на г. Петропавловск-Камчатский), и второстепенная, ориентированная на ЮЮВ. Что касается тонкой тефры, то

она выпадала в секторе 90° на расстоянии более 1200 км. Определенный по картам изопахит объем тефры – 1.5-2 км³. По этому параметру катастрофическое эксплозивное извержение конуса Штюбеля 28 марта 1907 г. – крупнейшее на Камчатке за последние 300 лет. Оно – единственное из камчатских извержений XVIII-XX веков, следы которого зафиксированы [10] в Гренландском ледниковом щите.

Первый химический анализ тефры извержения 1907 г. выполнен Б.Г. Карповым в 1907 г. [5]. Анализировался материал без его разделения по составу обломков. В дальнейшем выяснилось, что тефра 1907 г. является смесью пород разного состава, отличающихся даже по цвету. Светло-серые зерна представлены ювенильными дацитами, а темно-серые – ювенильными и резургентными (из постройки конуса Штюбеля) андезибазальтовыми шлаками.

Ближайшими историческими аналогами кальдерообразующего извержения 240 г. и посткальдерной активности конуса Штюбеля являются знаменитое извержение Кракатау 1883 г. и деятельность возникшего в 1902 г. внутрикальдерного вулкана – Анак-Кракатау.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Кирьянов В.Ю. Последнее кальдерообразующее извержение на Камчатке (вулкан Ксудач) 1700-1800 ¹⁴C лет назад // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 30-49.
2. Влодавец В.И., Пийп Б.И. Каталог действующих вулканов Камчатки // Бюл. вулканол. станции. 1957. № 25. С. 5-95.
3. Вольнец О.Н. Гетеротакситовые лавы и пемзы (к проблеме смешения магматических расплавов) // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С.181-197.
4. Горшков Г.С. Извержение сопки Безымянной в 1956 г. (предварительное сообщение) // Бюл. вулканол. станции. 1957. № 26. С. 13-73.
5. Карпинский А.П. Заметка о вулканическом пепле, выпавшем 15-16 марта 1907 г. в петропавловске (Камчатка) // Изв. Академии Наук. Серия IV. 1908. полутом 1. № 5. С. 15-19.
6. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 212 с.
7. Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Вулкан Ксудач (Камчатка) за последние 10 тыс. лет // Вулканология и сейсмология. 1987. № 4. С. 28-39.
8. Пийп Б.И. О силе извержения вулкана Ксудач в марте 1907 г. // Бюл. вулканол. станции. 1941. № 10. С. 23-29.
9. Пийп Б.И. Маршрутные геологические наблюдения на юге Камчатки // Тр. Камч. вулканол. станции. 1947. Вып. 3. С. 89-134.
10. Bursik K.M., Melekestsev I.V., Braitseva O.A. Most recent fall deposits of Ksudach volcano, Kamchatka, Russia // Geophys. Res. Lett. 1993.V. 20. № 17. P. 1815-1818.