

НОВЕЙШИЕ ЛОКАЛЬНЫЙ (1955–1976 гг.) И РЕГИОНАЛЬНЫЙ (1907–1976 гг.) ЭПИЗОДЫ ВУЛКАНИЧЕСКОГО КАТАСТРОФИЗМА НА КАМЧАТКЕ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ

©2018 И.В. Мелекесцев

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

683006 Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийна, 9; e-mail: dirksen@kscnet.ru

Впервые выявлены и описаны четко выраженные кратковременные локальный эпизод (1955–1976 гг.) вулканического катастрофизма (ВК) для Северной группы вулканов Центральной Камчатской депрессии и региональный эпизод ВК для Камчатки и Курильских островов (1907–1976 гг.). По своим масштабам (~9 км³, вес изверженных и перемещенных, ювенильных и резургентных продуктов ~16×10⁹ т) локальный эпизод ВК — крупнейший на Камчатке и Курильских островах за последние 2000 лет. На его долю приходится также >80% от ~19×10⁹ т продуктов, извергнутых и перемещенных всеми остальными наземными вулканами земного шара за то же время. В 1907–1976 гг. камчатскими и курильскими вулканами было извергнуто и перемещено порядка 29.5×10⁹ т ювенильного и резургентного материала, другими наземными вулканами — около 122×10⁹ т.

Ключевые слова: вулкан, вулканический катастрофизм, классы извержений, Камчатка, Курильские острова.

ВВЕДЕНИЕ

В статье (Базанова и др., 2016) приведены определения терминов катастрофическое вулканическое извержение (КИ), катастрофическое суперизвержение (КСИ), разноранговые и разнотипные эпизоды и этапы вулканического катастрофизма (ВК). Охарактеризованы типы и разновидности КИ и КСИ, большинство которых — главные компоненты выделенных эпизодов и этапов ВК. Извержения разделены на три класса по объему и весу выброшенного и перемещенного материала, независимо от химического состава: первый (I) класс — 0.5–5 км³ (0.6–6×10⁹ т), второй (II) — 5–50 км³ (6–60×10⁹ т) и третий (III), суперизвержения, — >50 км³ (>60×10⁹ т). Обоснованы критерии выделения разноранговых и разнотипных эпизодов и этапов ВК. По длительности, интенсивности и масштабности воздействия на природную среду Камчатки и Курильских островов они разделены на кратковременные и длительные, локальные, субрегиональные, региональные с элементами глобальных. Локальные на Камчатке — приуроченностью к одному из молодых вулканических районов, а на Курилах —

к одному из 7 блоков островов по (Камчатка ..., 1974). Субрегиональным эпизодам и этапам ВК соответствовали, по отдельности, Камчатка и Курильские острова, региональным эпизодам и этапам ВК — вся Курило-Камчатская область.

В цитируемой статье не удалось детально рассмотреть все выявленные на Камчатке и Курильских островах эпизоды и этапы ВК. В том числе, и наиболее молодые: локальный эпизод 1956–1976 гг. для Северной группы вулканов Центральной Камчатской депрессии (ЦКД) и региональный (Курило-Камчатский) эпизод 1907–1976 гг., которым и посвящена настоящая статья. Фактическим материалом для нее послужили результаты наблюдений и изучения хода и последствий извержений геологами и вулканологами Японии и России (преимущественно), включая и автора статьи. Использованы также каталоги извержений вулканов Камчатки и Курильских островов (Влодавец, Пийп, 1957; Горшков, 1957а), вулканов мира (Гущенко, 1979; Catalogue ..., 1951–1965; Siebert et al., 2010), монография «Volcanes de Chile» (Gonzalez-Ferran, 1995).

ЛОКАЛЬНЫЙ ЭПИЗОД ВУЛКАНИЧЕСКОГО КАТАСТРОФИЗМА 1955–1976 гг.

Самый пока молодой 21-летний (1955–1976 гг.) эпизод ВК в Северной группе вулканов Камчатки ЦКД — наиболее яркий, по мнению автора, пример локального эпизода ВК для всей Курило-Камчатской области. Он же был там и самым сильным, как минимум, за последние 2000 лет. Главные его события — три КИ I класса вулканов Безымянный 1955–1956 гг., Молодой Шивелуч 1964 г. и Большое трещинное Толбачинское извержение 1975–1976 гг. (БТТИ). В промежутках между ними — более слабые извержения этих и других вулканов ЦКД. На вулкане Ключевском — эксплозивные вершинные извержения, побочные прорывы Крыжановского-Вернадского (двухцентровый) в 1956 г., Пийпа в 1966 г. На вулкане Плоский Толбачик — вершинные извержения 1961–1962, 1964, 1965–1970 гг., предва-рявшие БТТИ 1975–1976 гг. На вулкане Безымян-ный с апреля 1956 г. — рост эруптивного купола.

Главные эруптивные центры и эруптивная трещинная зона БТТИ с Северным и Южным прорывами приурочены (рис. 1) к линии СВ простирания (Аз. 35°). Ее протяженность от кратера вулкана Молодой Шивелуч до Южного прорыва БТТИ ~150 км. Южное окончание линии совпадает с выделенной Б.И. Пийпом (1956) региональной зоной шлаковых конусов. Эта зона прослеживается до правого берега р. Толбачик, где обнаружен выход воды с повышенным содержанием кремнезема (Кирсанова и др., 1978). После начального события расс-матриваемого эпизода — катастрофического

извержения вулкана Безымянный в 1955–1956 гг., эруптивный центр вдоль этой линии переме-стился на 87 км, до вулкана Молодой Шивелуч, а в 1975 г. — в обратном направлении на 118 км, до вулкана Плоский Толбачик.

Всего в ходе перечисленных изверже-ний за 21 год было выброшено и перемещено ~8.8 км³ ювенильного и резургентного материала общим весом ~15.9×10⁹ т. Ювенильного вещества извержено ~9×10⁹ т, а средняя продуктивность вулканов Северной группы в 1955–1976 гг. была равна по этому показателю ~430×10⁶ т/год. Она примерно соответствует годовой продуктив-ности всех наземных вулканов мира в течение рассматриваемого временного интервала (Siebert et al., 2010).

Несмотря на краткость эпизода ВК, приуро-ченные к ним вулканические и невулканические процессы оказали существенное воздействие на большинство компонентов природной среды Северной группы вулканов и ее окрестностей. С позиций вулканического рельефообразова-ния, вулканической активности и геолого-гео-морфологических последствий это воздействие проявилось в двоякой форме — в деструктивном и созидательном вариантах. На животный и растительный мир, гидросеть, современные ледники оно повлияло резко отрицательно, на климат — по-разному. На вулканическое релье-фообразование — контрастно.

Так, положительные формы рельефа — вер-шина конуса вулкана Безымянный и преды-дущие экструзивные купола вулкана Молодой Шивелуч в ходе извержений были уничтожены, а на их месте возникли крупные и глубо-кие взрывной и обвально-взрывной кратеры.

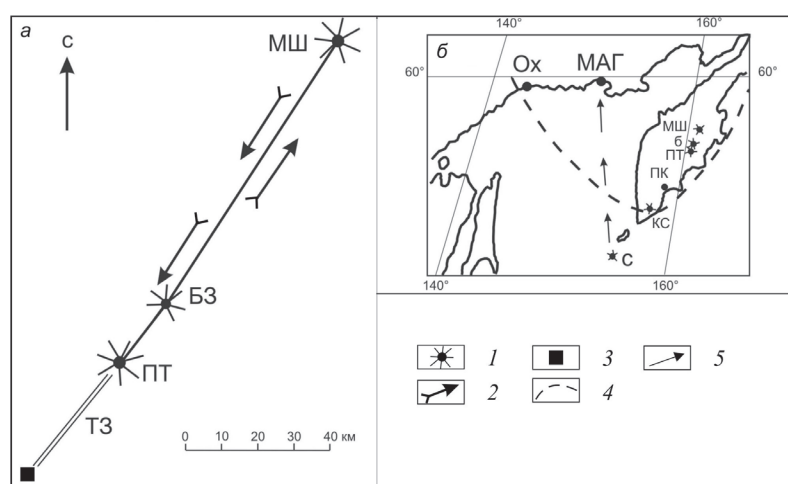


Рис. 1. Эруптивные центры локального (а) и регионального (б) эпизодов вулканического катастрофизма: 1 — эруптивные центры; 2 — движение эруптивного центра от вулкана Безымянный (БЗ) до вулкана Молодой Шивелуч (МШ) и от МШ до вулкана Плоский Толбачик (ПТ) и Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов (ТЗ); 3 — место отбора воды, обогащенной SiO₂; 4 — зона пеплопада извержения конуса Штубеля (КШ) на вулкане Ксудач (КС) в 1907 г.; 5 — ось пеплопада извержения вулкана Севергина (С) в 1933 г. Буквами обозначены: Ох — г. Охотск, МАГ — г. Магадан, ПК — г. Петропавловск-Камчатский.

Fig. 1. Eruptive centers of the local (a) and regional (b) episodes of volcanic catastrophism: 1 — eruptive centers; 2 — replacement of eruptive centers from Bezymianny volcano (B3) to Young Shiveluch volcano (MSh), and from (MSh) to Plosky Tolbachik volcano (PT) and further to Tolbachik regional zone of scoria cones (T3); 3 — sampling site of water, enriched in SiO₂; 4 — ash fall area for the eruption of cone Shtubelya (KSh) at the Ksudach volcano in 1907 AD; 5 — ash fall axis for Severgina volcano eruption (C) in 1933 AD. Other Russian letters designate: Oх — Okhotsk city, МАГ — Magadan, ПК — Petropavlovsk-Kamchatsky.

Укорочение длины подводных магматических каналов этих вулканов на 500–1000 м способствовало их активизации и появлению там свежих форм. В кратере вулкана Безымянный начавший расти в 1956 г. экструзивный купол к 2014 г. превратился в вулкан Новый Безымянный, а в кратере вулкана Молодой Шивелуч в 1980 г. стал формироваться сложный экструзивный массив. В старой кальдере гавайского типа на вулкане Плоский Толбачик возникла однотипная ей, но меньшего размера — 1.615×1.220 км, новая кальдера (Двигало и др., 1984).

Кардинальной перестройке рельефа подверглись и значительные по площади участки подножий вулканов Безымянный, Молодой Шивелуч, Плоский Толбачик, Толбачинский дол. В первом случае, на вулканах Безымянный и Молодой Шивелуч, — за счет аккумуляции там огромных объемов обвальных, обвально-взрывных, взрывных отложений, грубой тефры, материала пирокластических потоков. Во-втором, на Толбачинском долу и подножье вулкана Плоский Толбачик — за счет формирования новых обширных лавовых покровов СП и ЮП, выпадения мощной (>1 м) грубой базальтовой тефры и шлаков.

О катастрофичности взрыва 30 марта 1956 г. вулкана Безымянный (56°04' с.ш., 160°43' в.д.) свидетельствуют гигантская (до 40–45 км) абсолютная высота его эруптивного облака (Горшков, 1957) и фиксация взрывной волны через два дня в Лондоне (Гущенко, 1979), а извержения вулкана Ксудач 28 марта 1907 г. — абсолютная высота эруптивного облака (до 26 км) и кислотный пик в Гренландском ледниковом щите, в 8000 км от эруптивного центра (Zielinski et al., 1994). Конкретные особенности рассматриваемого эпизода ВК, в целом, и его составляющих, механизма и масштаба из воздействия на природную среду лучше всего видны при детальной реконструкции хода трех рассмотренных катастрофических извержений, дополненных соответствующими материалами по другим субсинхронным им извержениям.

Начало рассматриваемого эпизода — 2 октября 1955 г., когда стартовало многоактное КИ вулкана Безымянный, после почти 1000-летнего его покоя (Брайцева, Кирьянов, 1982). По (Гущенко, 1965), первая 52-дневная пепловая докульминационная фаза, была близка к вулканско-плинианскому типу с абсолютной высотой вершин эруптивных облаков 5–12 км и радиусом пеплопадов до 300 км. В п. Ключи, в 42 км к ССВ от кратера вулкана интенсивность пеплопадов достигала 400 г/м² в час. Было вынесено ~0.53×10⁹ т пеплового материала, преимущественно ювенильного, но значительного ущерба природе и человеку они не принесли, поскольку максималь-

ные (десятки см) их мощности были приурочены к высокогорным незалесенным и ненаселенным территориям. Во вторую декульминационную фазу извержения (с 14 декабря 1955 г. до 29 марта 1956 г.), по аэрофотосъемке, вершина вулкана в связи с внедрением и ростом экструзивного криптокупола поднялась не менее чем на 100 м (Горшков, 1957б). Высота вершин эруптивных облаков, дальность и интенсивность пеплопадов резко уменьшились. В п. Ключи интенсивность пеплопадов упала до 10 г/м² в час, в количестве выпавшего за 105 дней пепла — до 0.002×10⁹ т.

Подавляющее большинство компонентов катастрофизма (рис. 2) извержения связано с его кульминационной, самой короткой (1.5–2 часа), третьей фазой и пароксизмальным направленным взрывом (НВ) 30 марта 1956 г. Подробно ее последствия были изучены в работах (Горшков, 1957б; Горшков, Богоявленская, 1965). Значительный вклад в освещение проблемы внесли и другие исследователи. В работах (Белоусов, Белоусова, 1990; Belousov, Bogoyavlenskaya, 1988) выводы Г.С. Горшкова даже оспаривались, преуменьшая без достаточных оснований рельефообразующую роль взрывных процессов и, в частности, гигантского НВ. Однако автор настоящей статьи при оценке катастрофического воздействия на природную среду этого события, с учетом полученных им самим материалов (Мелекесцев, 2004; Мелекесцев и др., 1970), больше согласен с представлениями Г.С. Горшкова.

По данным работ (Горшков, 1957б; Горшков, Богоявленская, 1965; Рябинин, Родионов и др., 1964) за несколько десятков секунд взрывом и субодновременным обвалом было выброшено и перемещено вниз от 0.7 до 0.85 км³ материала постройки конуса вулкана Безымянный вместе с внедренными в нее андезитовыми породами криптокупола, общим весом до 2×10⁹ т. Область, охваченная ударной взрывной волной НВ, имела форму овала длиной до 30–32 км при ширине 25 км (рис. 2) и площадью ~500 км². Здесь отложился преимущественно песчаный материал с примесью гравия — «песок направленного взрыва» (ПНВ). В момент взрыва этот материал «... вырывался из кратера с колоссальной силой, подобно струе из гигантского пескоструйного аппарата» (Горшков, Богоявленская, 1965, с. 43) и был настолько сильным, что обдирает кору деревьев и кустарников в 27–29 км от эруптивного центра. Толщина слоя ПНВ изменялась от 50–70 см у подножия вулкана до нескольких сантиметров — на периферии овала. Мощной взрывной волной на расстоянии до 25 км были сломаны и повалены деревья диаметром до 20–25 см.

Помимо ПНВ с взрывом была связана своеобразная грубообломочная толща — «агломерат направленного взрыва» (АНВ), слагающий

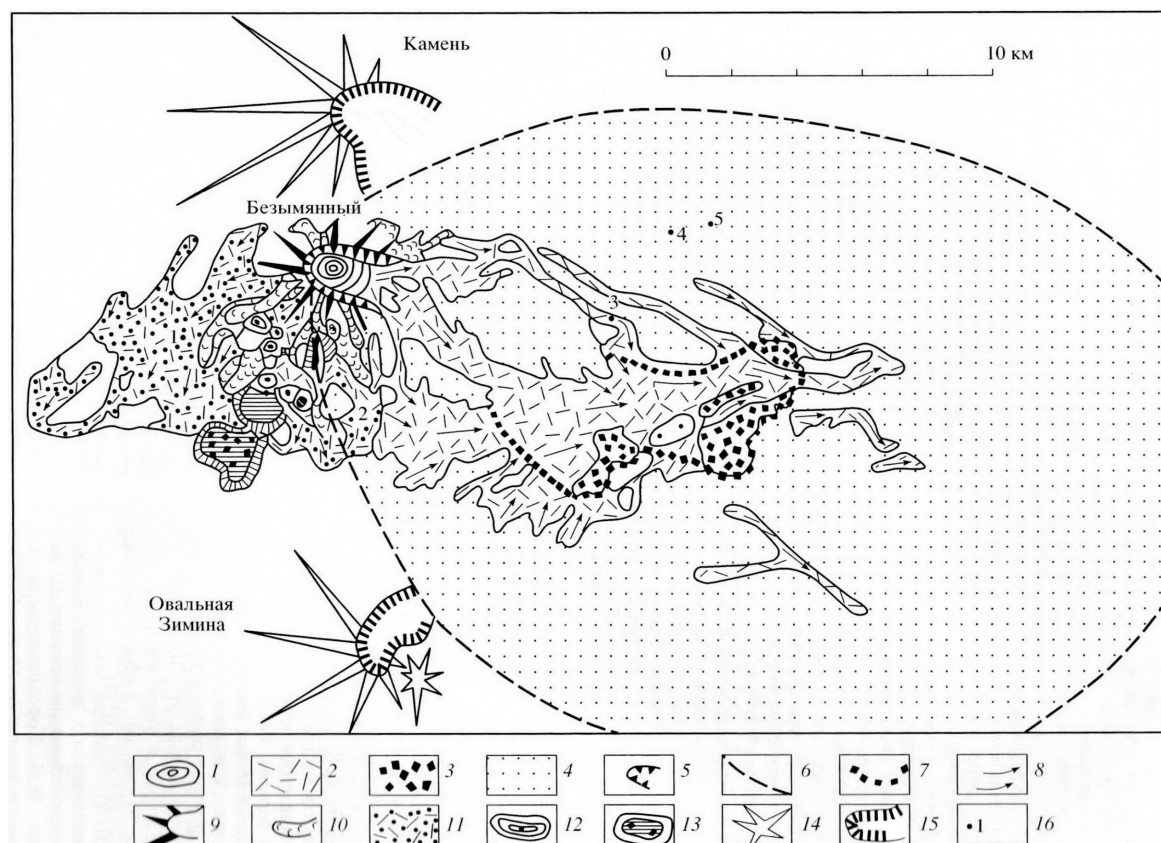


Рис. 2. Схематическая карта вулканических образований вулкана Безымянный в 1955–1956 гг. по (Мелекесцев, 2004): 1 — внутрикратерная экструзия; 2 — пирокластические потоки 1956 г.; 3 — агломерат направленного взрыва; 4 — песок направленного взрыва; 5 — кратер 1956 г.; 6 — зона отложения песка направленного взрыва; 7 — граница распространения агломерата направленного взрыва; 8 — направление движения пирокластических потоков; 9 — постройка вулкана; 10 — лавовые потоки; 11 — пирокластические потоки доисторических извержений; 12 — экструзивные купола; 13 — экструзия типа «тюдя»; 14 — прочие вулканические постройки; 15 — обвалы цирки; 16 — точки разрезов.

Fig. 2. Geological scheme of volcanic landforms within Bezymianny volcano (after Melekestsev, 2004). 1 — crater extrusive dome; 2 — ignimbrites; 3 — directed blast breccia; 4 — directed blast sand; 5 — crater of 1956 AD eruption; 6 — area of directed blast sand; 7 — the limit of directed blast breccia; 8 — direction of pyroclastic flow distribution; 9 — volcanic edifice; 10 — lava flows; 11 — ignimbrites of pre-historic eruptions; 12 — old extrusive domes; 13 — tuya domes; 14 — other volcanoes; 15 — scarps; 16 — sampling sites.

холмы разных размеров с относительной высотой от 1–2 до 10–20 м. Они компактно покрывали площадь ~7 км² в 12–13 км от вулкана на северных отрогах сопки Зимина (Горшков, Богоявленская, 1965). Как выяснилось впоследствии (Краева, 1977; Мелекесцев, 1980), это был лишь самый крупный участок обширного (~60 км²) поля холмистого рельефа, погребенного под отложениями пирокластических потоков, формирование которых началось непосредственно после взрыва. Все холмы и холмики сложены весьма уплотненным агломератовым материалом (от глыб лав и брекчий до алевропелита). Преобладающая масса обломков представлена породами старой постройки вулкана Безымянный. Лавы — розовато-серые и зеленовато-серые рогово-обманково-пироксеновые андезиты. Такого же цвета и заполнитель. Г.С. Горшковым (19576) было установлено, что основания холмов лежат

на почве не только в понижениях, но и на возвышениях погребенного рельефа, куда пирокластические потоки не доходили. Основываясь на этом, он сделал вывод, что весь материал холмов был тоже выброшен НВ из постройки вулкана Безымянный. Превратившиеся в холмы переброшенные взрывом блоки (4–5 м в поперечнике) постройки вулкана Безымянный обнаружены и автором статьи при полевых исследованиях на расстоянии до 15–16 км от эруптивного центра.

Возникшее при взрыве эруптивное облако наблюдалось из поселков Козыревск, Ключи, Усть-Камчатск, Камаки. Из Козыревска было видно, что нижняя кромка эруптивного облака находится на высоте 6–8 км, а верхний край — на высоте ~35 км. По снимкам из Усть-Камчатска высота эруптивной тучи определена в 34–38 км, а высота наклонного узкого газового клина, поднявшегося через 15–20 мин над тучей главного

взрыва — почти 45 км (Горшков, 1957б). Этот клин был ориентирован к востоку, и в том же направлении ушла его туча — поперек общего движения главной тучи с пеплом (Горшков, 1957б). По предположению Горшкова Г.С., возникновение клина было связано с началом массового выброса с большой глубины очень газонасыщенной и горячей пироклаستي, пошедшей на формирование пирокластических потоков.

Тот же клин видели и из с. Камаки, в 65 км к СВ от вулкана Безымянный (Горшков, 1957б), откуда последний мог хорошо наблюдаться. Он сообщил, что через 3–4 мин после начала извержения над вулканом возник косо (под углом $\sim 30^\circ$) направленный к востоку эруптивный выброс, насыщенный «искрами» и казавшийся огненным. Над ним, тоже косо, под углом $\sim 45^\circ$ к горизонту, быстро росли клубы «дыма». Через 4–5 мин по долине р. Сухая Хапица и у юго-восточного подножия Ключевской сопки стали подниматься светлые пары, которые катились вниз по долине реки волнами и тоже сопровождалась искрами: по (Горшков, 1957б), это двигались пирокластические потоки.

Быстрое разрушение вулканической постройки гигантским взрывом и обвалом с удалением оттуда около 2×10^9 т резургентного (преобладал) и ювенильного материала, укорочение подводящего канала вулкана на 1000 м, сброс на 200–250 бар литостатического давления послужили своеобразным триггером для мгновенного «вскипания» поднимающейся магмы и скачкообразному увеличению ее объема (Мелекесцев, 2004). Это послужило причиной исключительно интенсивного ($360 \div 720 \times 10^6$ т/с) выноса вспененной магмы (газовзвеси), которая и пошла на формирование объемных (0.8 км^3) пирокластических потоков площадью $\sim 40 \text{ км}^2$, на 70–80% перекрывавших холмистый рельеф НВ (рис. 2). Возникновению там обширных пирокластических потоков благоприятствовало то, что выпадавшая из воздуха слабо дегазированная, способная к автоэксплозивности, ювенильная пирокластика не могла задерживаться на склонах круче $2\text{--}3^\circ$, а скатывалась в многочисленные глубоко врезанные и крутопадающие долины «сухих рек». Аккумулировалась там и начинала с громадной скоростью двигаться по ним. Судя по заплескам пирокластики на бортах долин в местах их поворота — до 150 км/час (Горшков, 1957б). Массовое выпадение слабо дегазированной пирокластики в 15–20 км от кратера приводило к возникновению бескорневых пирокластических потоков длиной до 4–5 км, отделенных от их главного поля гребнем с относительной высотой до 150 м.

Катастрофичной была и интенсивность выпадения пепла вдоль ее осевой зоны (24.5 кг/м^2

за 3.5 часа в п. Ключи, в 42 км от источника и 22.3 кг/м^2 за 3 часа на южном подножии в. Шивелуч — в 80 км) и атмосферные эффекты — очень сильная электризация воздуха и непроливаемая тьма в течение 3–4 часов. Воздушные волны от пароксизмальной фазы КИ через двое суток достигли Англии (Гущенко, 1979). Зона пеплопада, достигшая п. Оссора и ушедшая далее к северу, имела площадь более 20 тыс км^2 , а объем выпавшего пепла превышал $0.2\text{--}0.3 \text{ км}^3$ (Горшков, 1957б).

Поступление на земную поверхность огромных объемов раскаленного и сильно нагретого материала, а также непосредственное тепловое воздействие на снежный покров горячей ударной взрывной волны генерировали грязевой поток (лахар) — самый катастрофичный на Камчатке за последние 300 лет. Его длина достигала 80–85 км. В состав лахаровой толщи вошли продукты всех фаций КИ: отложения «сухих рек» подножия вулканов, аллювий р. Бол. Хапица, содранные, собранные в складки горизонты торфяных залежей (Краевая, 1977). Отдельные его языки дошли до р. Камчатка, а высота фронта лахара в нижнем течении р. Бол. Хапица превышала 15 м. В осевой части лахара непроходимые леса были полностью уничтожены, стволы деревьев и кустарников срезаны почти на уровне земной поверхности и унесены. Только в р. Камчатка влилось 15 млн м^3 очень грязной воды, из-за чего в п. Усть-Камчатск вода была мутной в течение двух недель (Горшков, Богоявленская, 1965).

Описываемое КИ предвлялось и сопровождалось землетрясениями с максимальной энергией до 2×10^{12} Дж (Горшков, 1957б). По нашему мнению именно КИ послужило причиной появления побочных прорывов Вернадского и Крыжановского 27 июля — августа 1956 г. в результате роста напряжений в постройке вулкана Ключевской.

Дегазированная в ходе КИ магма, поднятая на поверхность, сформировала на дне кратера вулкана Безымянный экструзивный купол объемом, судя по фотографиям 1956 г., примерно в 0.05 км^3 и весом — в 0.1×10^9 т. Это — посткульминационная фаза извержения вулкана, продолжающаяся уже до 2018 г.

Всего в ходе КИ 1955–1956 гг. вулкана Безымянный за 160 суток было выброшено и перемещено вулканическими и ассоциировавшимися с ними невулканическими процессами $\sim 3.25 \text{ км}^3$ ювенильного и резургентного материала весом $\sim 5.7 \times 10^9$ т. По объему на долю ювенильных продуктов приходилось $\sim 49\%$, а по весу — $\sim 44\%$. Суммарная тепловая энергия ювенильных пород (при 300 кал/г) — $3.13 \cdot 10^{18}$ Дж ($3.14 \cdot 10^{25}$ эрг), а кинетическая НВ (1–2%) от тепловой — $6.3 \div 12 \cdot 10^{23}$ эрг. По этим параметрам, интенсивности выноса

ювенильного материала в пароксизмальную фазу, суммарной площади пирокластических потоков, максимальной абсолютной высоте эруптивной тучи оно остается самым мощным в мире в 1900–2018 гг. среди КИ типа направленного взрыва.

Второе главное событие эпизода — катастрофическое извержение вулкана Молодой Шивелуч (56°38.3' с.ш., 161°18.9' в.д.) произошло неожиданно рано утром 12 ноября 1969 г. в 87 км к СВ (Аз. 35°) от в. Безымянного (Токарев, 1967). Происходившие с января 1964 г. под вулканом и в его окрестностях слабые землетрясения за предвестники будущего извержения не принимались, а в отчете начальника Ключевской вулканостанции отмечалось, что в. Шивелуч продолжал находиться в спокойном состоянии (Пийп, Мархинин, 1965). Из-за темноты вулканологи реальный ход извержения детально не наблюдали. Кроме того, оно было еще и очень коротким: по сейсмическим данным — 1 ч 10 мин (с 7 ч 07 мин до 8 ч 17 мин). И не все приборы исследовательского комплекса были в исправности (Горшков, Дубик, 1969). Но позднее КИ и его гигантская обломочная лавина (рис. 3) были описаны в работах (Токарев, 1967, 1981; Пийп, Мархинин, 1965; Горшков Дубик, 1968; Краевая, 1977; Белоусов, Белоусова, 1995; Belousov, 1995; Фирстов, 1996; Мелекесцев и др., 2003; Popomareva et al., 1998). Однако интерпретация хода и последствий КИ, трактовка происхождения первой здесь в XX в. гигантской грубообломочной лавины различались. Дискуссия по этой проблеме и другим спорным вопросам подробно освещена в работе (Мелекесцев и др., 2003). Здесь же будет кратко изложена версия автора настоящей статьи.

Доказывается, что предпосылкой, определившей тип и динамику извержения 1964 г., послужило то, что возникший около 1430 г. (Popomareva et al., 1998) крупный вершинный, открытый на юг кратер вулкана Молодой Шивелуч уже в 1950 г. был занят слившимися между собой экструзивными куполами с абсолютными высотами вершин 2300–2800 м и общим объемом, вместе с их агломератовыми мантиями, более 1 км³. По (Горшков, Дубик, 1969), магма верхних частей подводящих каналов этих куполов, включая и Суелич, подверглась кристаллизации и затвердела. Поэтому с 7 апреля 1950 г. по 11 ноября 1964 г. здесь наблюдалась лишь фумарольная активность, а подготовка извержения 1964 г. началась со скачкообразно возросшей сейсмической активности (Токарев, 1967, 1981): вязкая андезитовая магма, продвигаясь рывками, заново прокладывала себе путь наверх. Достигнув подошвы массивных, высоких и тяжелых экструзивных куполов, магма, по-видимому, стала внедряться между их основаниями и под-

стилающей поверхностью. Преобладавшее до того преимущественно вертикальное направление движения магмы сменилось субгоризонтальным южных румбов, в соответствии с уклоном днища старого кратера. Вместе с магмой начали перемещаться и расположенные над ней экструзивные купола. В результате экструзивный массив был разорван, что явилось причиной трех произошедших тогда катастрофических событий: 1) сильнейшего ($K=12.3$) за все время поверхностного землетрясения в 7 ч 7 мин 20 с утра 12 ноября (Токарев, 1967, 1981; Фирстов, 1996); 2) образования гигантской грубообломочной обвальная лавины из разрушенных пород, сместившихся к югу и вниз экструзивных куполов; 3) возникновения большей по размеру, южной части кратера.

Свалившийся блок постройки почти точно аппроксимируется в плане правильным кругом диаметром 2.2–2.3 км и площадью ~4 км². Отрыв произошел по 270° дуге окружности длиной ~5 км. Площадь субвертикальной зоны отрыва превышала 1.5 км². Первоначальный объем сместившегося блока был 0.8–1 км³. В результате резкой подвижки и сильнейшего сотрясения блок подвергся полному разрушению, существовавший здесь экструзивный массив из двух куполов раздроблен. Часть его в виде массивных фрагментов (аллохтонов) переместилась вниз относительно недалеко, образовав несколько четко выраженных в рельефе ступеней высотой до 150 м перед входом в кратер. Остальной, сильнее дезинтегрированный материал, скатился в виде грубообломочной обвальная лавины по склону на расстояние 13–15 км, поскольку под уничтоженными в тот момент старыми куполами уже не было, вероятно, активного подводящего вулканического канала, заполненного горячим, недегазированным ювенильным веществом, способным генерировать сильные взрывы. Поэтому возникшее в начале извержения облако — преимущественно пылевое, поднимавшееся над обвальным цирком и движущееся с большой скоростью обломочной лавиной. В статье (Фирстов, 1996) предполагается, что развивающееся турбулентное пылевое облако и катящаяся вниз по склону вулкана со средней скоростью около 30 км/час обломочная лавина стали причиной работы акустического источника I, продолжавшейся около 10 минут до 7 ч 18 мин утра 12 ноября.

Специфическая особенность холмисто-котловинного и холмисто-грядово-котловинного рельефа обвальная лавины, с «сетчатым» микро-рельефом, по Т.С. Краевой (1977) — его схожесть с рельефом глыбовых лавовых потоков. Холмы и короткие грядки объединены здесь в некое подобие извилистых валов, ориентированных

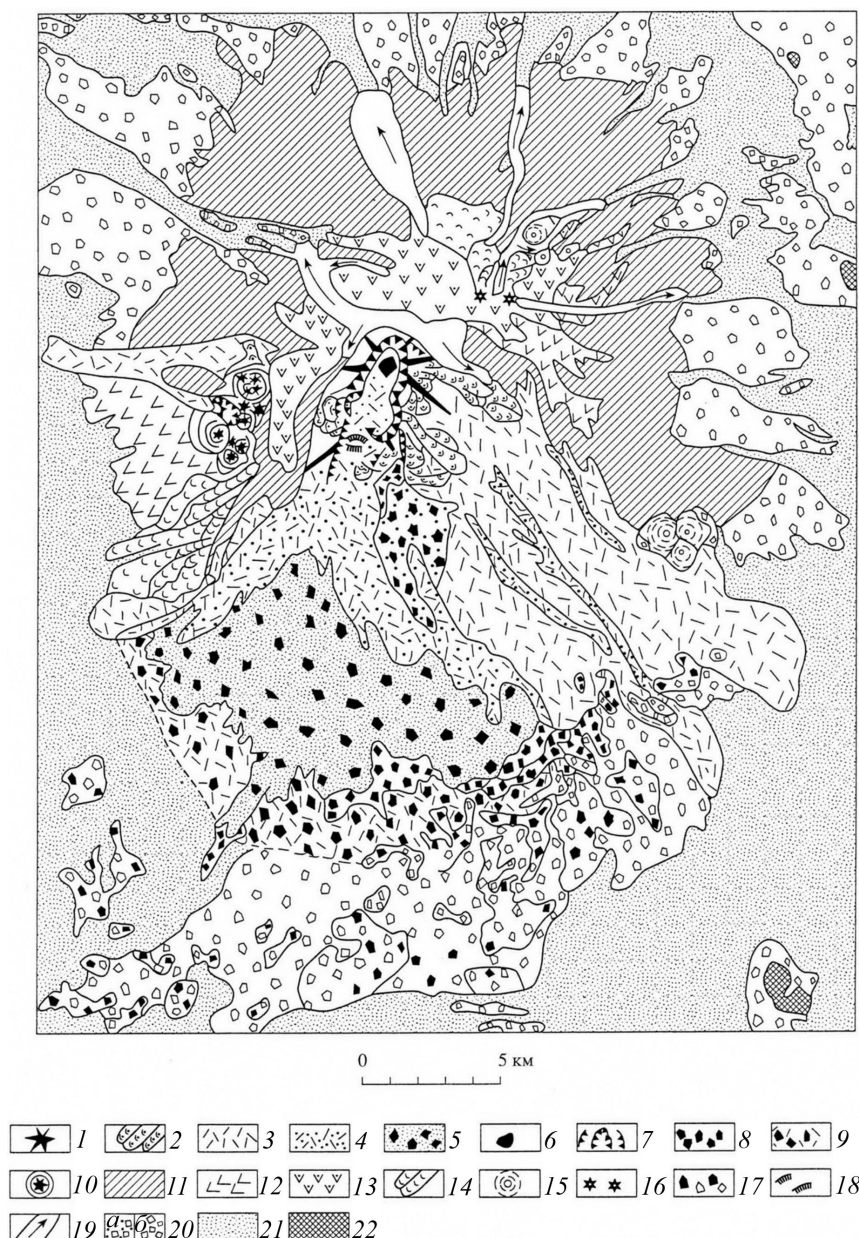


Рис. 3. Геолого-геоморфологическая схема вулкана Шивелуч по (Мелекесцев и др., 2003): 1—9 — Молодой Шивелуч (Q_4 , андезиты): 1 — конусовидная постройка, 2 — лавовые потоки, 3 — пирокластические потоки доисторических извержений, 4 — пирокластический поток 1964 г., 5 — обвально-взрывные отложения гигантской обломочной лавины 1964 г., 6 — экструзивный купол 1980—1981 гг., 7 — стенки кратеров, включая кратер 1964 г., 8 — обвально-взрывные отложения фрагментов доисторических обломочных лавин (Q_4), 9 — отложения фрагментов доисторических пирокластических потоков и гигантских обломочных лавин, неразделенные; 10 — экструзивные купола группы Каран (Q_4 , андезиты); 11—17 — Старый Шивелуч ($Q_3^3 - Q_3^4$, андезиты, андезибазальты): 11 — андезиты основания постройки, 12 — андезиты и андезибазальты средней части постройки и юго-западного сектора, 13 — андезиты вершинной части постройки, 14 — андезитовые и андезибазальтовые лавовые потоки, 15 — андезитовые и андезибазальтовые экструзивные купола и туюя, 16 — эруптивные центры, не выраженные в масштабе, 17 — обвально-взрывные отложения гигантской обломочной лавины кальдерообразующего извержения; 18 — уступы крупнейших перемещенных сверху в 1964 г. блоков экструзивных куполов; 19 — современные ледники; 20 — морены (а — голоценовые, б — позднелепистоценовые); 21 — флювиальные отложения; 22 — выходы пород фундамента.

Fig. 3. Geological map of Shiveluch volcano (after Melekestsev et al., 2003). 1—9 — Young Shiveluch volcano (Q_4 , andesites): 1 — volcano cone, 2 — lava flows, 3 — ignimbrites of pre-historic eruptions, 4 — ignimbrite of 1964 AD eruption, 5 — debris avalanche deposits of 1964 AD eruption, 6 — 1980—1981 AD extrusive dome; 7 — crater walls, including 1964 AD crater, 8 — debris avalanche deposits of pre-historic eruptions (Q_4), 9 — ignimbrite or debris avalanche deposits (undivided); 10 — extrusive domes of Karan group (Q_4 , andesites); 11—17 — Old Shiveluch volcano ($Q_3^3 - Q_3^4$, andesites): 11 — andesites of the volcano basement, 12 — andesites and basaltic andesites of the middle part of volcano; 13 — andesites of the upper part of the volcano, 14 — andesites and basaltic andesites lava flows, 15 — andesites and basaltic andesites extrusive domes, 16 — other eruptive centers, out of scale, 17 — debris avalanche deposits of gigantic caldera-forming eruption; 18 — scarps of extrusive domes, displaced during 1964 AD eruption; 19 — modern glaciers; 20 — moraines (a — Holocene, b — Pleistocene); 21 — fluvial deposits; 22 — basement rocks.

перпендикулярно к направлению движения материала. Так же ориентированы и разделяющие их извилистые ложбины — зоны разрыва. Местами хорошо видны обособленные, как бы отдельные потоки (или струи) шириной в несколько сот метров и длиной 1–2 км, «текущие» по склону вулкана, куда двигался и остальной материал обвальной лавины. Все эти признаки свидетельствуют, что на периферии обвальной

лавины, обломочный материал еще продолжал перемещаться, но уже с небольшой скоростью, т.к. в ее прифронтальной области имеется много невысоко поднимающихся над поверхностью лавины выступов подстилающего рельефа с сохранившейся древесно-кустарниковой растительностью. Относительные превышения вершин холмов и гряд над дном ложбин колеблются от 1–2 до 10–15 м. Высота фронта обвальной ла-

вины над подстилающей поверхностью — 3–5 м. Заметного абразивного воздействия на формы погребенного рельефа обвальная лавина не оказывала, но все деревья и кусты на пути ее прохождения были сломаны, часто вырваны с корнем и перемещены вместе с обломочным материалом, деревья у фронта повалены.

Центр тяжести свалившегося блока находился на абсолютной высоте (Н) ~2000 м, максимальная абсолютная высота бровки обвального цирка была 2200–2300 м, а высота северной и северо-западной стенок достигала 400–500 м. Расстояние (L) от центра тяжести до края обломочной лавины на отметках 450–550 м равно 12–13 км. Соответственно, $H/L \approx 0.12$. Смещение и обвал южного блока, образование связанной с этим высокой и крутой стенки обвального цирка, подрезавшей расположенные выше экструзивные купола Центральный и Суелич (Мелекесцев и др., 2003), создали условия для реализации обвала еще одного блока пород постройки Молодого Шивелуча. Обвалу способствовал продолжавшийся подъем магмы с глубины и связанные с ним подъем и деформация вышележащих экструзивных куполов с нарушением их сплошности, как это наблюдалось Г.С. Горшковым перед КИ вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Горшков, 1957б).

В итоге — обвал второго блока и стимулированный им сильный фреато-магматический взрыв, так как удаление молодых экструзивных куполов Центральный (возник в 1879–1883 гг., но действовал и позднее) и Суелич (1956–1950 гг.) обнажило их нагретые до высокой температуры корни и подводящий канал 1964 г. в Молодой Шивелуч. О тепловой мощности вскрытых магматических пород можно судить по суммарному выделению тепла в кратере Молодого Шивелуча, которое даже в 1966–1968 гг. (Кирсанова, Рожков, 1975), т.е. через 2–4 года после извержения, составляло 0.2 Гкал/с (0.836×10^6 кВт). Резкое снятие литостатического давления в сочетании с мгновенным выделением большого количества тепловой энергии из нагретых пород и послужило причиной взрыва. Реальность механизма подобного развития событий смоделирована экспериментальными исследованиями М.А. Алидибирова (Alidibirov, 1994, 1995). Сферичность стенок обвального цирка, сыгравшего роль своеобразной «вогнутой линзы», могла обеспечить концентрацию выделявшегося газа в ее «фокусе» и за счет кумулятивного эффекта привести к выбросу компактной массы обломочного материала на значительное расстояние. Из-за максимальной высоты и ориентировки возникших северо-западной и северной стенок цирка ось взрыва оказалась направленной на ЮЮВ. Обвал и субсинхронный ему взрыв сопровождался П

сильным (К 11.7) землетрясением в 7 ч 13 мин 40 с утра 12 ноября (Фирстов, 1996). Вероятно, они стали и его причиной.

Комбинация обвала и взрыва привела к формированию на поверхности созданной ими обломочной лавины иного мезо- и микрорельефа, чем на фрагменте чисто обвальной лавины: протяженных (до 2–3 км), радиально расходящихся от эруптивного центра узких грядок, иногда сгруппированных в некое подобие пучков-веев. Почти везде грядки доходят до фронтального края обломочной лавины. Широко представлены и ориентированные по нормали к общему направлению движения обломочного материала поперечные зоны разрыва. Местами они протяженнее, с большой амплитудой раздвига, чем на обвальной лавине. Контрастнее выглядят и сами мезо- и микроформы рельефа на поверхности лавины несколько больше (до 15–20 м) здесь и относительные превышения вершин холмов и гряд над днищами западин.

Облик рельефа указывает на быстроту движения обломочной лавины, что вполне естественно. Во-первых, быстрее перемещался материал собственно обвала, так как свалившийся блок располагался на большой высоте (отметка центра тяжести блока — 2300–2400 м) и его движение вниз уже не препятствовали уничтоженные при формировании южного обвального цирка экструзивные купола. Во-вторых, часть материала, выброшенного взрывом, после падения по инерции продолжала с высокой скоростью катиться по земле, мало согласуясь с существующим рельефом, который был уже частично снивелирован отложениями предшествовавшего обвала. При падении на землю объемной компактной массы взрывных отложений динамический удар был настолько силен, что привел, вероятно, к возникновению подстилающих первично обводненных и еще более разжиженных в результате этого удара грунтах, которые, по-видимому, обладали тиксотропными свойствами, своеобразной подземной волны, местами даже вышедшей за границу обломочной лавины. Свидетельством служит полоса складок у фронта лавины в ЮВ секторе. Максимальное удаление края эксплозивно-обвальной лавины, на абсолютных отметках 450–600 м от эруптивного центра — 14–15 км. Сейчас наиболее молодая, чем обвальная, перекрывающая последнюю, эксплозивно-обвальная грубообломочная лавина занимает по сравнению с ней намного большую площадь, но они, вероятно, близки по размерам.

Возникший во время второго эпизода эксплозивно-обвальный кратер имеет форму круга диаметром 1.75 км и площадью 2.4 км². Его максимальная глубина в 1973 г. была 627 м, а в момент образования превышала 700 м. Существовавшая

ранее на месте кратера выраженная в рельефе часть уничтоженной постройки Молодого Шивелуча была объемом $0.7\text{--}0.8\text{ км}^3$. Площадь сдвоенного комбинированного (обвальнй цирк + эксплозивно-обвальнй кратер) «кратера» 1964 г. — 5.2 км^2 . Суммарный объем удаленных оттуда пород — $1.5\text{--}1.8\text{ км}^3$. Вследствие разуплотнения объем материала комбинированной обломочной лавины должен быть $\sim 2\text{ км}^3$. На площади 100 км^2 отложений лавины их средняя мощность — 20 м. Максимальная же мощность толщи достигала 100–200 м. Материал обломочной лавины изучался многими исследователями, включая автора статьи. Все согласны с тем, что подавляющая его часть, слагающая оба типа лавин — породы разрушенных экструзивных куполов и их агломератовых мантий. Присутствует и небольшая доля ювенильного вещества — пород лавовой пробки из подводящего канала вулкана.

Через несколько минут после второго обвала и фреато-магматического взрыва начался массовый выброс ювенильного материала. Его более дегазированная пористая и кислая (пемза с SiO_2 61.38–63.08%) часть выпала в виде тефры объемом 0.3 км^3 (Мелексцев и др., 2003). Зона пеплопада прошла на ВЮВ к Усть-Камчатску (90 км от эруптивного центра). Из черной тучи, прорезаемой молниями, в полной темноте за 2 часа выпало до 4 см песчаной — внизу, алевропелитовой —верху тефры. Нагрузка от нее на подстилающую поверхность — в среднем 27.2 кг/м^2 (Пийп, Мархинин, 1965). Алевропелитовая тефра светло-серого цвета выпадала на о. Беринга, на расстоянии более 300 км от вулкана. Ее мощность в с. Никольском (330 км к ВЮВ от эруптивного центра) 1–2 мм. Менее дегазированная, более плотная и основная по составу (пемзовидные светло-серые и розовые андезиты с SiO_2 54.74–58.68%) часть пошла на формирование пирокластических потоков объемом $0.3\text{--}0.5\text{ км}^3$, перекрывших обломочные лавины. Эти андезиты на 79–80% состоят из стекла с микролитами, а среди вкрапленников преобладает плагиоклаз и зеленая роговая обманка, реже встречается ромбический пироксен (Горшков, Дубик, 1969). Кристаллы интенсивно раздроблены, оплавлены и окружены каймой из мелких зерен пироксена и роговой обманки. Розовые андезиты более плотные, отличаются наличием внешней закаленной зоны, часто полосчатые, наряду с зеленой, содержат и бурую роговую обманку. В тефре и отложениях пирокластических потоков ювенильная компонента составляла не менее 70–80%. Ее вес $\sim 0.9 \times 10^9\text{ т}$. Массовый выброс ювенильной пирокластики с исключительно высокой интенсивностью ($0.9 \times 10^9\text{ т}$ за 20 мин, т.е. 750 тыс. т/с) доказывает, во-первых, что был извергнут не только материал

подводящих каналов экструзивных куполов, но и магма периферического очага, и, во-вторых, что фреато-магматические эксплозии сменились магматическими.

По объему ($2.6\text{--}2.8\text{ км}^3$) и весу ($\sim 5 \times 10^9\text{ т}$) изверженного и перемещенного материала, суммарному геолого-геоморфологическому эффекту (кардинальное разрушение постройки вулкана с образованием сдвоенного кратера размером $2.3 \times 4\text{ км}$ и площадью 5.2 км^2 , возникновению гигантской (100 км^2) обломочной лавины КИ 12 ноября 1964 г. было крупнейшим за 300 лет для вулкана Молодой Шивелуч. Суммарная тепловая энергия ювенильных пород (при 300 кал/г) — $1.2 \cdot 10^{18}\text{ Дж}$. Через год первичный рельеф поверхности обломочных лавин обоих типов претерпел заметные изменения. Это связано с тем, что обвальные и взрывные отложения первоначально содержали большое количество блоков и глыб смерзшихся пород и льда (Горшков, Дубик, 1969). Летом 1965 г. вместо таких блоков и глыб на поверхности появились островерхие холмы разных размеров и высоты, а лед растаял. В разрезах обломочных лавин подобные погребенные глыбы и блоки, оттаяв, сохранили текстурные и структурные особенности слагавших их пород. То же наблюдалось и при исследовании толщи обвально-взрывной обломочной лавины КИ 1956 г. вулкана Безымянный. Следовательно, наличие подобных образований — вообще один из характерных признаков, позволяющих распознавать в разрезах более древние грубообломочные отложения обвального и обвально-взрывного генезиса (Ponomareva et al., 1998).

БТТИ 1975–1976 гг. (рис. 4) было столь же объемным, как и КИ вулканов Безымянный 1955–1956 гг. и Молодой Шивелуч 1964 г., но резко превосходило их по ювенильности (>95%) продуктов. Оно всесторонне изучено, что нашло отражение в десятках публикаций. Поэтому здесь будет представлена только его общая характеристика как одного из типичных элементов разноранговых ВК и объекте для реконструкции подобных событий и экологии прошлого.

Извержение предвлялось и сопровождалось большим количеством сейсмических событий и было предсказано. Оно началось 6 июля 1975 г. с эксплозивной фазы активности СП, который действовал 72 дня до 15 сентября (Большое ..., 1984). Возникли три крупных, четыре малых шлаковых конуса и лавовых котла, излились 15 лавовых потоков, сформировавших лавовое поле площадью 8.86 км^2 . Выпавшая тефра мощностью до 10–12 м у подножия конусов образовала шлаковую равнину площадью около 400 м^2 , где вся растительность была полностью уничтожена. Сильный пеплопад (мощность тефры 20 см)

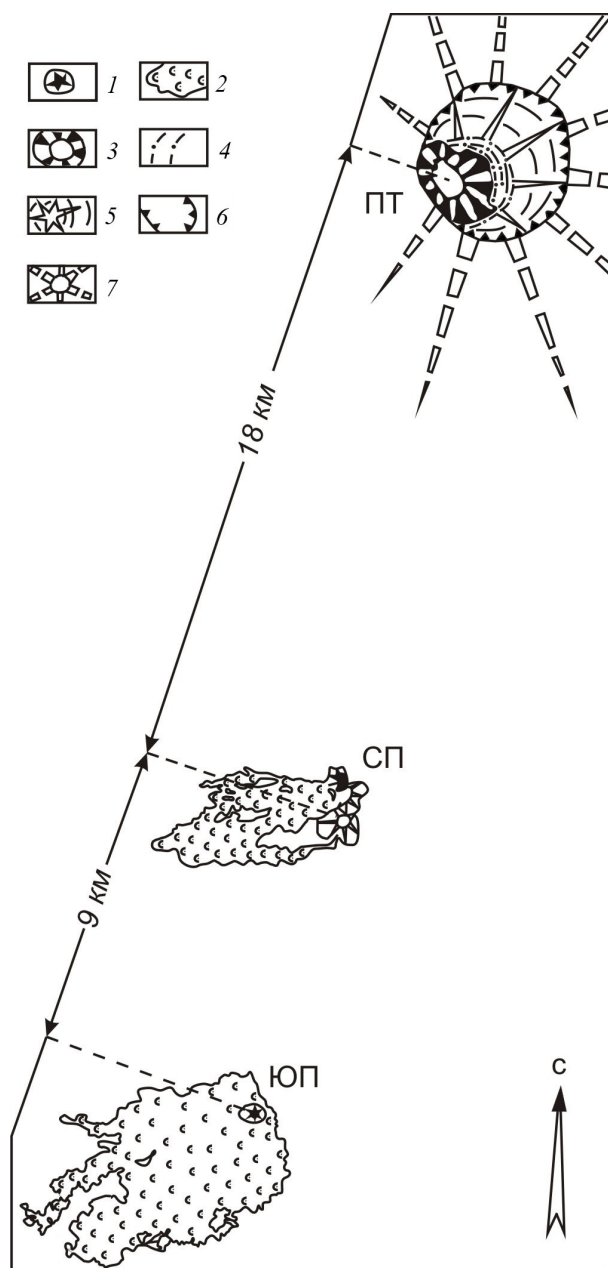


Рис. 4. Вулканические образования БТТИ 1975–1976 гг. по (Мелекесцев, 1980): 1–4 — новые формы: 1 — шлаковые конусы, 2 — лавовые потоки, 3 — кальдера гавайского типа, 4 — вулканотектонические разрывные нарушения на борту кальдеры; 5–7 — более древние образования: 5 — щитовой вулкан (Q_4), 6 — кальдера гавайского типа (Q_4^1), 7 — конус вулкана Плоский Толбачик (Q_3^4 – Q_4^1). ПТ — вулкана Плоский Толбачик; СП и ЮП — Северный и Южный прорывы.

Fig. 4. Volcanic landforms of 1975–1976 BTTI eruption (after Melekestsev, 1980). 1–4 the landforms created during the eruption: 1 — scoria cones; 2 — lava flows; 3 — caldera of Hawaii type; 4 — volcano-tectonic faults at the caldera outer slopes. 5–7 older landforms: 5 — shield volcano (Q_4); 6 — caldera of Hawaii type (Q_4^1); 7 — the edifice of Plosky Tolbachik volcano (Q_3^4 – Q_4^1). The Russian letters designate ПТ — Plosky Tolbachik volcano; СП and ЮП — Northern and Southern Breakthroughs of 1975–1976 BTTI eruption, respectively.

отмечен и на Кроноцком полуострове в 160 км в ЮВ от СП (Большое ..., 1984). Суммарный объем пирокластики СП (тефра + шлаки конусов) — $\sim 1 \text{ км}^3$ (Брайцева и др., 1984), а ее вес — $1.15 \times 10^9 \text{ т}$ при $\rho = 1.1\text{--}1.5 \text{ г/см}^3$, что намного больше соответствующих значений для лав: 0.223 км^3 и $0.49 \times 10^9 \text{ т}$ (при $\rho = 2.2 \text{ г/см}^3$). Лавы СП по химизму — магнезиальные базальты умеренной щелочности. Заключительная стадия деятельности СП (11–15 сентября) знаменательна излияниями лав промежуточного состава, переходных к субщелочным глиноземистым базальтам ЮП (Волынец и др., 1976).

Пионерными были результаты наблюдений динамики и длительности формирования первой современной кальдеры гавайского типа на вершине Плоского Толбачика (Двигало и др., 1980). Выяснилось, что она по размерам и объему увеличивалась эпизодически и в течение примерно года достигла размеров $1604 \times 1180 \text{ м}$, глубины 380 м, объема 0.338 км^3 . За 1976 год ее параметры изменились незначительно. Все это необходимо иметь в виду и при реконструкции более старых кальдер гавайского типа как на самом Плоском Толбачике, так и на вулканическом массиве Плоских сопот Ключевской группы вулканов.

Южный прорыв, начавший действовать 18 сентября 1975 г., кардинально отличался по всем параметрам от СП. Эксплозивно-эффузивные извержения продолжались непрерывно почти год и три месяца (Федотов и др., 1984). Доминировали лавовые излияния, сформировавшие лавовый покров площадью 35.87 км^2 (при средней мощности лав 27 м) и объемом 0.968 км^3 . Объем шлакового конуса высотой 165 м — 0.012 км^3 , тефры — 0.018 км^3 . Суммарный объем изверженных продуктов — 0.984 км^3 , вес — $2.173 \times 10^9 \text{ т}$. Типичные породы ЮП — мегаплагиофировые субщелочные глиноземистые базальты. Суммарная тепловая энергия изверженных ювинильных пород $\sim 6 \cdot 10^{18} \text{ Дж}$ ($\sim 6 \cdot 10^{25} \text{ эрг}$) при 400 кал/г.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭПИЗОД ВУЛКАНИЧЕСКОГО КАТАСТРОФИЗМА 1907–1976 гг.

Самый молодой региональный эпизод ВК для Камчатки и Курильских островов продолжался почти 70 лет (28.03.1907 – 10.12.1976 гг.). Главные компоненты эпизода: 1) катастрофические извержения вулканов Севергина в 1933 г. на курильском о. Харимкотан и Ксудач в 1907 г. на Южной Камчатке; 2) локальный эпизод ВК 1955–1976 гг. с тремя КИ I класса; 3) последствия извержений других вулканов Камчатки и Курильских островов 1907–1976 гг. Доминантным по объему и весу изверженного и перемещенного материала, суммарной энергии катастрофических извержений,

воздействию последних на природную среду для регионального эпизода ВК был локальный эпизод 1955–1976 гг. Доля остальных вулканических событий — значительно меньше.

Начальным извержением регионального эпизода ВК стало КИ I класса вулкана Ксудач (51°50' с.ш., 157°31' в.д.) 28 марта 1907 г., чисто эксплозивное, наиболее простое по механизму и доступное для понимания, несмотря на отсутствие очевидцев вблизи эруптивного центра. Удалось определить и границы зоны пеплопада на разных удалении и направлении от эруптивного центра — конуса Штюбеля (КШ) (рис. 1б). Было установлено, что главная ось пеплопада направлена преимущественно на СВ, а выпадение тефры происходило примерно в 90° секторе от г. Охотск (1200 км к СЗ от КШ) до п. Оссора (900 км к СВ от КШ). Другая, намного меньшая по площади, зона пеплопада располагалась южнее КШ. Оценка высоты верхней кромки эруптивного облака для южной лопасти зоны пеплопада составляла >10 км, для северной — до 26 км (Bursic et al., 1993). Мощная (>1 м в 20–25 км к СВ от КШ) и до 8–9 м вблизи эруптивного центра тефра полностью уничтожила растительность, включая кустарники и деревья на площади >250–300 км². Погребенная там древесина во многих местах испытала химическое «обугливание» с изменением ее цвета до коричневого.

Повсеместно, в зоне пеплопада на Камчатке, вблизи и на расстоянии 100–200 км от КШ тефра имела двухчленное строение. В нижней (главным образом резургентной) серой и темно-серой части преобладали фрагменты андезибазальтов самого КШ, в верхней (светло-серой, ювенильной) — пемзовые частицы дацитового состава, их объем ~1 км³ (Мелекесцев, Сулержицкий, 1987; Braitseva et al., 1997; Macias, Sheridan, 1995). В г. Петропавловске-Камчатском (150 км к СВ от эруптивного центра) А.П. Карпинским впервые для Камчатки была рассчитана нагрузка на подстилающую поверхность свежей тефры этого извержения мощностью 3–4 см, выпавшей там за 6 часов — около 25 кг/м², и им же определен ее минеральный состав (Карпинский, 1908).

По своим параметрам (объем — 1.5–2 км³, вес ~2.3×10⁹ т) изверженных продуктов, высоте эруптивной тучи, площади зоны пеплопада (>400 тыс км²) ксудачское извержение — крупнейшее в Курило-Камчатской области в начале XX в. и второе в мире (после знаменитого КИ вулкана Санта-Мария 1902 г.) среди эксплозивных извержений 1900–1910 гг. (Siebert et al., 2010). По-видимому, не случайным событием является и само оно, так как именно на 1902–1914 гг. приходится, как минимум, 7 таких же и более сильных (II класса) катастрофических извержений. Весьма крупным образованием рельефа была и возник-

шая в 1907 г. цепочка взрывных кратеров диаметром 1.5, 0.6 и 0.4 км, вытянутая в СВ направлении (Аз. 45°) (Мелекесцев, Сулержицкий, 1987). Их суммарный объем вместе с взорванной вершиной вулкана ~0.5 км³. Высота КШ в результате этого уменьшилась на 200–300 м, до 640–650 м. Впоследствии все кратеры были заполнены водой, в них возникли озера. Кислотный пик от извержения КШ в 1907 г. зафиксирован в ледниковом керне в Гренландии (Zielinski et al., 1994).

Катастрофическое извержение вулкана Севергина (49°03' с.ш., 154°26' в.д.) 1933 г. было не столь сильным, как КШ 1907 г., и оно предварялось эксплозивным извержением 1931 г. Другим был и тип вулканической постройки — остров-вулкан с крупной (20×13 км) подводной кальдерой и с сложно построенным экстрезив-

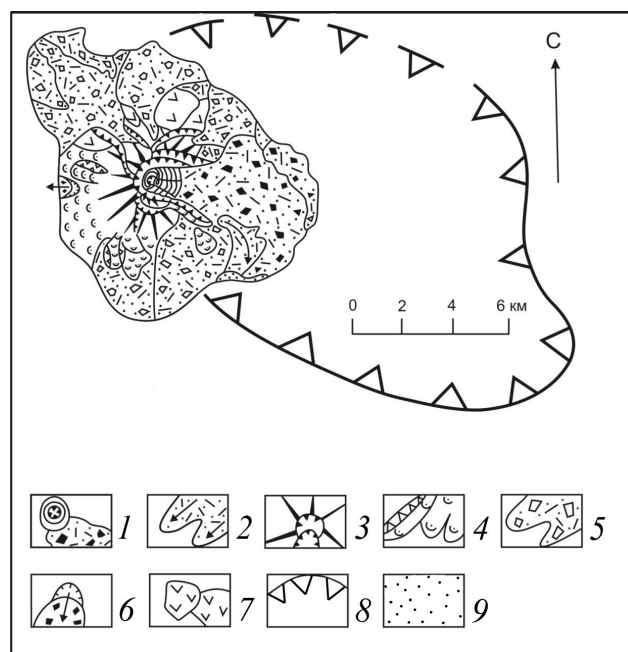


Рис. 5. Экстрезивный комплекс вулкана Севергина и подводная кальдера Харимкотан: 1–2 — формы извержения 1933 г.: 1 — экстрезивный купол и обвальное-взрывные отложения, 2 — пирокластические потоки; 3–8: более старые образования: 3 — экстрезивный комплекс, 4 — лавовые потоки (с зубчиками — большой мощности), 5 — разновозрастные обвальное-взрывные отложения, 6 — обвальные цирки и отложения обвалов, 7 — фрагменты разрушенных вулканических построек, 8 — бровка кальдеры; 9 — аккумулятивные морские террасы и пляжи.

Fig. 5. Geological map of Severgina stratovolcano and submarine caldera Harimkotan. 1–2 — landforms appeared during 1933 AD eruption: 1 — Extrusive dome and debris avalanche deposits, 2 — ignimbrites; 3–8 — older landforms: 3 — volcano edifice (mostly extrusive domes), 4 — lava flows, 5 — debris avalanche deposits of different age, 6 — landslide cirques and landslide deposits, 7 — older, partly destroyed volcanic edifices, 8 — caldera rim; 9 — accumulative marine terraces and modern beach.

ным комплексом выше уровня моря (рис. 5). По геолого-геоморфологическому строению он близок к экструзивному комплексу вулкана Молодой Шивелуч. Вулкан Севергина похож на последний и по истории эруптивной активности, а по типу (НВ) извержение 1933 г. — уменьшенный аналог извержения НВ вулкана Молодой Шивелуч 12 ноября 1964 г. Подобные извержения происходили на вулкане Севергина и раньше: предыдущее — в 1713 г. (Горшков, 1967). В результате извержения возник кратер размером 4×2 км и было извергнуто $1.6 \div 1.7 \times 10^9$ т обвально-взрывных отложений, тефры и материала пирокластических потоков. По (Гушенко, 1979) тефра этого извержения выпала в г. Магадан (1200 км к ССЗ от эруптивного центра), а попадание в море более 0.5×10^9 т взрывных и обвальных отложений послужило причиной возникновения цунами с высотой волн до 9 м и увеличения площади острова. Как и для КШ, вероятно, не случайна дата (1933 г.) извержения, совпадающая с максимумом мировой вулканической активности 1932–1933 гг. (26 и 2.7×10^9 т) после ее минимума в 1930 г. ($\sim 0.3 \times 10^9$ т).

В сумме катастрофическими извержениями I класса 1907 и 1932 гг. извержено и перемещено $2.9\text{--}3.0 \times 10^9$ т вулканического материала, ювенильного и резургентного, а извержениями 1955–1956, 1964, 1975–1976 гг., того же класса — 16.1×10^9 т. Кроме КШ в 1907–1976 гг. неоднократно извергались и другие вулканы: документированные извержения происходили на 15 вулканах Камчатки и 20 — на Курильских островах. На Камчатке ими извержено и перемещено еще $\sim 9.3 \times 10^9$ т вулканического материала, на Курилах — порядка 10^9 т. Всего в ходе извержений регионального эпизода ВК 1907–1976 гг. было выброшено и перемещено около 29.5×10^9 т вулканических продуктов. Из них около 19.5×10^9 т ($\sim 64\%$) связано с пятью КИ I класса, а остальные (10.3×10^9 т, $\sim 36\%$) — с другими извержениями 35 вулканов Камчатки и Курильских островов. Наземными же вулканами земного шара в 1907–1976 гг., судя по скорректированным каталожным данным и неучтенных там работ, извержено и перемещено порядка 122×10^9 т вулканического материала. На долю курило-камчатских вулканов (29.5×10^9 т) приходится около 24%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Локальный (1955–1976 гг.) в вулканическом районе ЦКД и региональный (1907–1976 гг.) в Курило-Камчатский вулканической области эпизоды ВК были на фоне глобального вулканизма XX в. не только весьма важными событиями для названных регионов, но и заметными на мировом уровне. Особенно ярко это видно

на примере локального эпизода ВК. Во-первых, потому, что в 1955–1976 гг. в других молодых вулканических областях извержений, сходных по масштабу и последствиям трех КИ I класса ЦКД не наблюдалось. Во-вторых, доля изверженных и перемещенных во время эпизода вулканических и невулканических пород составляла около 46% (16×10^9 из 35×10^9 т) общемировых. В 1907–1976 гг. она была меньше: около 24% (29.5×10^9 т из 122×10^9 т).

Несмотря на краткость локального (21 год) и регионального (~ 70 лет) эпизодов КИ, приуроченные к ним вулканические и невулканические процессы оказали существенное воздействие на большинство компонентов природной среды района Северной группы вулканов и ее окрестностей. С позиций вулканического рельефообразования оно проявилось в двойной форме — в деструктивном и созидательном вариантах. На животный и растительный мир, гидросеть, современные ледники оно повлияло резко отрицательно, на климат — по-разному, в зависимости от масштабности. На вулканическое рельефообразование — контрастно.

Положительные формы рельефа — вершина конуса вулкана Безымянный и предыдущие экструзивные купола вулкана Молодой Шивелуч были уничтожены, а на их месте возникли крупные и глубокие взрывные и обвально-взрывные кратеры. Укорочение длины подводных магматических каналов этих вулканов на 500–1000 м способствовало активизации и появлению там свежих положительных форм. В кратере вулкана Безымянный начавший расти в 1956 г. экструзивный купол к 2014 г. превратился в вулкан Новый Безымянный, а в кратере вулкана Молодой Шивелуч в 1980 г. стал формироваться сложный экструзивный массив. В старой кальдере гавайского типа на вулкане Плоский Толбачик возникла однотипная ей, но меньшего размера — 1.615×1.220 км, новая кальдера.

Кардинальной перестройке рельефа подверглись и значительные по площади участки подножий вулканов Безымянный и Молодой Шивелуч, Плоский Толбачик, а также Толбачинский дол. В первом случае — за счет аккумуляции там огромных объемов обвальных, обвально-взрывных, взрывных отложений, грубой тефры, материала пирокластических потоков. Во-втором, на Толбачинском долу и подножье вулкана Плоский Толбачик — за счет формирования новых обширных лавовых покровов СП и ЮП, выпадения мощной (>1 м) грубой базальтовой тефры и шлаков.

Площадь «новых земель», появившихся вследствие необратимости вулканических процессов, составила около 250 км². Из них, свежих лавовых покровов и территорий под основани-

ями новых шлаковых конусов и мощных (>5 м) чехлов базальтовой пирокластики — более 65 км². Участков взрывного, обвально-взрывного и обвального рельефа с мощностью отложений до 100 м — около 170 км². Вновь возникших крупных отрицательных форм (кратеров, обвальных и обвально-взрывных цирков) — около 10 км². Приrost островной суши при попадании в море обвально-взрывных отложений — 1–2 км². Площадь территорий с полностью уничтоженной растительностью составила >1500 км².

Список литературы [References]

- Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др.* Вулканические катастрофы позднего плейстоцена — голоцена на Камчатке и Курильских островах. Часть 1. Типы и классы катастрофических извержений — главных компонентов вулканического катастрофизма. Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 3–21. [*Bazanova L.I., Melekestsev I.V., Ponomareva V.V. et al.* Late Pleistocene and Holocene volcanic catastrophes in Kamchatka and in the Kuril Islands. Part 1. Types and classes of catastrophic eruptions as the leading components of volcanic catastrophism // *Journal of Volcanology and Seismology* 2016. V. 10. Iss. 3. P. 151–169. <https://doi.org/10.1134/S0742046316030027>].
- Белоусов А.Б., Белоусова М.Г.* Отложения и последовательность событий извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. (Камчатка): отложения обломочной лавины. 1990. № 1. С. 25–40. [*Belousov A.B., Belousova M.G.* Deposits and sequence of eruptive events at Bezymianny volcano on 30 March 1956: debris and avalanche deposit // *Volcanologia i Seismologia*. 1998. № 1. P. 25–40. (in Russian)].
- Белоусов А.Б., Белоусова М.Г.* Извержение вулкана Шивелуч в 1964 г. (Камчатка) — плинианское извержение, предварявшееся крупномасштабным обрушением постройки // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4–5. С. 116–126. [*Belousov A.B., Belousova M.G.* Plinian eruption of Shiveluch volcano in 1964 (Kamchatka) preceded by a large-scale failure of edifice. *Volcanologia i Seismologia*. 1995. № 4–5. P. 116–126. (in Russian)].
- Большое Трещинное Толбачинское извержение (1975–1976 гг. Камчатка). М.: Наука, 1984. 637 с. [Large Tolbachik fissure eruption (1975–1976 Kamchatka). Moscow. Nauka. 1984. 637 p. (in Russian)].
- Брайцева О.А., Кирьянов В.Ю.* О прошлой активности вулкана Безымянный по данным тефрохронологических исследований // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 44–45. [*Braitseva O.A., Kirianov V. Yu.* On the past activity of Bezymianny volcano based on tephrochronology. *Volcanologia i Seismologia*. 1982. № 6. P. 44–56. (in Russian)].
- Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Флеров Г.Б. и др.* Голоценовый вулканизм Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов. Большое Трещинное Толбачинское извержение (1975–1976 гг. Камчатка). М.: Наука, 1984. С. 177–223. [*Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Flerov G.B., et al.* Holocene volcanic activity within Tolbachik regional zone of scoria cones // In: Large Tolbachik fissure eruption (1975–1976 Kamchatka). Moscow. Nauka. 1984. P. 177–223. (in Russian)].
- Влодавец В.И., Пуйна Б.И.* Каталог действующих вулканов Камчатки // Бюллетень вулканологических станций. 1957. № 25. С. 5–95. [*Vlodavets V.I., Piip B.I.* Catalog of active volcanoes in Kamchatka // *Bulletin vulcanologicheskikh stancyi*. 1957. № 25. P. 5–95. (in Russian)].
- Волынец О.Н., Флеров Г.Б., Хренов А.П., Ермаков В.А.* Петрология вулканических пород трещинного Толбачинского извержения 1975 г. // ДАН. 1976. Т. 28. № 6. С. 1419–1422. [*Volynets O.N., Flerov G.B., Khrenov A.P., Ermakov V.A.* Petrology of volcanic rocks of Large Tolbachik fissure eruption 1975 AD // *Doklady Akademii Nauk*. 1976. V. 28. № 6. P. 1419–1422. (in Russian)].
- Горшков Г.С.* Каталог действующих вулканов Курильских островов // Бюл. вулканол. станций. 1957а. № 25. С. 96–178. [*Gorshkov G.S.* Catalog of active volcanoes in Kurile Islands // *Bulletin vulcanologicheskikh stancyi*. 1957а. № 25. P. 96–178. (in Russian)].
- Горшков Г.С.* Извержение сопки Безымянной (предварительное сообщение) // Бюл. вулканол. станций. 1957б. № 26. С. 19–72. [*Gorshkov G.S.* Eruption of Bezymianny volcano (Preliminary report) // *Bulletin vulcanologicheskikh stancyi*. 1957а. № 26. P. 19–72. (in Russian)].
- Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с. [*Gorshkov G.S.* Volcanism of the Kurile Islands arc. Moscow, Nauka. 1967. 288 p. (in Russian)].
- Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е.* Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955–1963 гг.) М.: Наука, 1965. 171 с. [*Gorshkov G.S., Bogoyavlenskaya G.E.* Bezymianny volcano and characteristic of its last eruption (1955–1963 AD) // Moscow. Nauka. 1965. 171 p. (in Russian)].
- Горшков Г.С., Дубик Ю.М.* Направленный взрыв на вулкане Шивелуч // Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 3–37. [*Gorshkov G.S., Dubik Yu.M.* Directed blast at Bezymianny volcano //

- Volcanoes and eruptions / Ed. Gorshkov G.S. Moscow. Nauka. 1969. P. 3–7. (in Russian)].
- Гущенко И.И. Пеплы Северной Камчатки и условия их образования. М.: Наука, 1965. 144 с. [Guschenko I.I. Ashes of Northern Kamchatka and conditions of their formations. Moscow. Nauka. 1965. 144 p. (In Russian)].
- Гущенко И.И. Извержения вулканов Мира. Каталог. М.: Наука. 1979. 476 с. [Guschenko I.I. Eruptions of the volcanoes of the World. Catalog. Moscow. Nauka. 1979. 476 p. (in Russian)].
- Двигало В.Н., Селезнев Б.В., Магуськин М.А. Новые результаты обработки материалов аэрофотосъемки Большого трещинного Толбачинского извержения // Вулканология и сейсмология. 1980. №3. С. 90–93. [Dvigalo V.N., Seleznev B.V., Maguskin M.A. New results of airphoto data analyzes of Large Tolbachik fissure eruption // Volcanologia i Seismologia. 1980. № 3. P. 90–93. (in Russian)].
- Двигало В.Н., Чирков А.М., Федотов С.А. Новая вершинная кальдера Плоского Толбачика. Большое Трещинное Толбачинское извержение (1975–1976 гг. Камчатка). М.: Наука, 1984. С. 75–84. [Dvigalo V.N., Chirkov A.M., Fedotov S.A. New Summit caldera of Ploskiy Tolbachik volcano. // Large Tolbachik fissure eruption (1975–1976 Kamchatka). Moscow: Nauka, 1984. P. 75–84. (in Russian)].
- Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. 440 с. [Kamchatka, Kurile and Commander Islands. Moscow. Nauka. 1974. 440 p. (In Russian)].
- Карпинский А.П. Заметка о вулканическом пепле, выпавшем 15–16 марта 1907 г. в Петропавловске (Камчатка) // Изв. Академии наук. Серия IV. 1908. Полутом I. № 5. С 15–19. [Karpinsky A.P. Notes on volcanic ash felt on March 15 — 16 1907 AD in Petropavlovsk–Kamchatsky // Izvestia of Russian Academy of Science. Seria 4. 1908. V. I. № 5. P. 15–9. (in Russian)].
- Кирсанова Т.П., Рожков А.М. Тепловой поток в кратере Нового вулкана Шивелуч // Бюллетень вулканологических станций. 1975. № 51. С. 60–63. [Kirsanova T.P., Rozhkov A.M. Heat flow at the Young Shiveluch crater // Bulletin vulcanologicheskikh stancyi. 1975. № 51. P. 60–63. (in Russian)].
- Краевая Т.С. Генетические типы грубообломочных отложений стратовулканов. М.: Недра. 1977. 126 с. [Kraevaya T.S. Genetic types of coarse-grained deposits in stratovolcanoes. Moscow. Nedra. 1977. 126 p. (in Russian)].
- Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 212 с. [Melekestsev I.V. Volcanic activity and relief formation. Moscow: Nauka. 1980. 212 p. (in Russian)].
- Мелекесцев И.В. О взрывном происхождении обломочной лавины пароксизмальной фазы катастрофического извержения вулкана Безымянный 30 марта 1956 г. на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2004. № 2. С. 9–23. [Melekestsev I.V. On the blast origin of debris avalanche during the paroxysm stage of catastrophic eruption of Bezymianny volcano on March, 30 1956 AD in Kamchatka // Volcanologia i Seismologia. 2004. Iss. 2. P. 9–23. (in Russian)].
- Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Вулкан Ксудач (Камчатка) за последние 10 тыс. лет // Вулканология и сейсмология. 1987. № 4. С. 28–39. [Melekestsev I.V., Sulerzhitsky L.D. Ksudach volcano (Kamchatka) during the last 10000 years // Volcanologia i Seismologia. 1987. № 4. P. 28–39. (in Russian)].
- Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирсанова Т.П. и др. 300 лет жизни Камчатских вулканов: Молодой Шивелуч (анализ динамики и последствий эруптивной активности в XVII–XX веках). Ч. I. 1650–1964 гг. // Вулканология и сейсмология. 2003. № 5. С. 3–19. [Melekestsev I.V., Dvigalo V.N., Kirsanova T.P. et al. Last 300 years of the Kamchatka volcanoes life: Young Shiveluch (analyzes of dynamics and eruptive activity during XVII — XX centuries). Part I. 1650 — 1964 AD // Volcanologia i Seismologia. 2003. № 5. P. 3–19. (in Russian)].
- Мелекесцев И.В., Краевая Т.С., Брайцева О.А. Рельеф и отложения молодых вулканических районов Камчатки. М.: Наука, 1970. 103 с. [Melekestsev I.V., Kraevaya T.S., Braitseva O.A. Relief and deposits of young volcanic areas in Kamchatka. Moscow: Nauka. 1970. 103 p. (in Russian)].
- Пиип Б.И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944–1945 гг. и в прошлом // Труды Лаборатории вулканологии АН СССР. 1956. Вып. 11. 311 с. [Piip B.I. Klyuchevskaya Sopka and its eruptions in 1944–1945 AD and in the past // Trudy laboratorii vulkanologii RAS. 1956. Iss. 11. 311 p. (in Russian)].
- Пиип Б.И., Мархинин Е.К. Гигантское извержение вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 г. (предварительное сообщение) // Бюл. вулканологических станций. 1965. № 39. С 3–28. [Piip B.I., Markhinin E.K. Gigantic eruption of Siveluch volcano on November, 12 1964 AD (preliminary report) // Bulletin vulcanologicheskikh stancyi. 1965. № 39. P. 3–8. (in Russian)].
- Рябинин Ю.М., Родионов В.Н. Оценка энергии вулканических взрывов // Вулканизм и глубины Земли. Тр. Второго Всесоюзного Вулканологического совещания. 3–17 сентября 1964 г. Том III. М.: Наука. 1966. С. 56–60. [Ryabinin Yu.M., Rodionov V.N. Estimation of volcanic blast energy // Volcanism and

- Earth Interior. Proceedings of II All-Russian Volcanological Conference, September, 3–17 1964. V. III. Moscow: Nauka. 1966. p. 56–60. (in Russian)].
- Токарев П.И.* Гигантское извержение вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 г. и его предвестники // *Физика Земли*. 1967. № 9. С. 84–92. [Tokarev P.I. Gigantic eruption of Siveluch volcano on November, 12 1964 AD and its precursors // *Earth Physics*. 1967. № 9. P. 84–92. (in Russian).]
- Токарев П.И.* Вулканические землетрясения Камчатки. М.: Наука, 1981. 164 с. [Tokarev P.I. Volcanic earthquakes in Kamchatka. Moscow: Nauka. 1981. 164 p. (in Russian)].
- Федотов С.А., Мархинин Е.К., Слезин Ю.Б., Цюрупа А.И.* Южный прорыв // Большое Трещинное Толбачинское извержение (1975–1976 гг. Камчатка). М.: Наука, 1984. С. 84–142. [Fedotov S.A., Markhinin E.K., Slezin Yu.B., Tsyurupa A.I. Southern Breakthrough // Large Tolbachik fissure eruption (1975–1976 Kamchatka) / Ed. Fedotov S.A. Moscow: Nauka. 1984. P. 84–142. (in Russian)].
- Фирстов П.П.* Реконструкция динамики катастрофического извержения вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 г. на основании данных о волновых возмущениях в атмосфере и вулканическом дрожании // *Вулканология и сейсмология*. 1996. № 4. С. 48–63. [Firstov P.P. Reconstruction of dynamics of the Shiveluch volcano catastrophic eruption on November, 12 1964 based on the data on wave disturbances in the atmosphere and volcanic tremor // *Volcanologia i Seismologia*. 1996. № 4. P. 48–63. (in Russian)].
- Alidibirov M.A.* A model for viscous magma fragmentation during volcanic blasts // *Bulletin of Volcanology*. 1994. V. 56. № 5–6. P. 459–465. <https://doi.org/10.1007/BF00302827>.
- Alidibirov M.A., Dingwell D.B.* Fragmentation of highly viscous magma caused by explosive decompression of lava domes: an experimental approach // *Showa-Shinzan Intern. Volcanol. Workshop Abstr.*, Japan. 1995. P. 1–7.
- Belousov A.B.* The Shiveluch volcanic eruption of 12 November 1964 — explosive eruption provoked by failure of the edifice // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 1995. V. 55. Iss. 1–4. P. 357–365. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(94\)00072-0](https://doi.org/10.1016/0377-0273(94)00072-0).
- Belousov A.B., Bogoyavlenskaya G.E.* Debris avalanche of the 1956 Bezymianny eruption // *Kagoshima Int. Cong. On Volcanoes. Proceedings. Japan*, 1988. P. 460–462.
- Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D.* et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // *Quaternary Research*. 1997. V. 47. Iss. 2. P. 125–139. <https://doi.org/10.1006/qres.1996.1876>.
- Bursik K.M., Melekestsev I.V., Braitseva O.A.* Most recent deposits of Ksudach volcano, Kamchatka, Russia // *Geophysics Research Letters*. 1993. V. 20. Iss. 17. P. 1815–1818. <https://doi.org/10.1029/93GL01269>
- Catalogue of active volcanoes of the World including solfatara fields. Part 1–21. Napoli; Rome. 1951–1965.
- Gonzalez-Ferran O. Volcanoes de Chili. Santiago, Chili, 1995. 640 p.
- Macias J.L., Sheridan N.F.* Products of the 1907 eruption of Shtyubel' Volcano, Ksudach Caldera, Kamchatka, Russia // *GSA Bulletin*. 1995. V. 107. Iss. 8. P. 969–986.
- 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 // *Bulletin of Volcanology*. 1998. V. 59. Iss. 7. P. 490–505. <https://doi.org/10.1007/s004450050206>.
- Siebert L., Simkin T., Kimberly P.* Volcanoes of the World. Smithsonian Institution. Washington, D.C., 2010. 551 p.
- Zielinski G.A., Mayewski P.A., Meeker L.D.* et al. Record of Volcanism Since 7000 B.C. from the GISP2 Greenland Ice Core and Implications for the Volcano–Climate System // *Science*. 1994. V. 264. № 5161. P. 948–952. <https://doi.org/10.1126/science.264.5161.948>.

НОВЕЙШИЕ ЛОКАЛЬНЫЙ
**THE LATEST LOCAL (1955–1976) AND REGIONAL (1907–1976) VOLCANIC DISASTERS
IN KAMCHATKA AND THE KURILE ISLANDS**

I.V. Melekestsev

*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006 Petropavlovsk-Kamchatsky, Piipa blvd., 9
e-mail: dirksen@kscnet.ru*

The paper presents data on identified and described short-term local (1955–1976) enhanced volcanic activity within the Northern Group at the Central Kamchatka Depression and regional disasters (1907–1976), clearly revealed within Kamchatka Peninsular and the Kurile Islands. In scale (volume is about 9 km³, weight of erupted and replaced products was calculated to be about 16×10^9 t), the local volcanic disaster was the most powerful in Kamchatka and Kurile Islands over the period of the last 2000 years. This volume exceeds 80% of $\sim 19 \times 10^9$ t totally erupted by all volcanoes over the same period of time. Over the period 1907–1976, the Kamchatka and Kurile volcanoes erupted and transported about 29.5×10^9 t of juvenile and resurgent material while other volcanoes in the world erupted about 122×10^9 t.

Keywords: volcano, volcanic disaster, class of eruption, Kamchatka, Kurile Islands.