

УДК 551.435.6

ОБВАЛ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ВУЛКАНЕ ЖЕЛТОВСКИЙ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)© 2015 Е.А. Зеленин¹, В.В. Пономарева², П.Г. Михайлюкова³, Д.В. Мельников²¹Геологический институт РАН, Москва, 119017 e-mail: egorzelenin@mail.ru²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 119991

В статье описан крупный обвал, произошедший на вулкане Желтовский летом 2012 г. Показаны основные особенности вулканической постройки, получены главные морфометрические характеристики обвала. Обвалу, скорее всего, способствовало наличие большого количества слабосвязанных измененных пород в вершинной части вулканической постройки и переувлажнение грунтов в период снеготаяния. Никаких значимых сейсмических или метеорологических событий непосредственно перед обвалом не зафиксировано. Этот пример показывает, что крупные обвалы на вулканических постройках могут происходить без предвестников, что заставляет более внимательно подходить к проблеме оценки связанной с ними опасности. Статья полностью построена на данных дистанционных методов, большая часть которых была получена из общедоступных источников в сети Интернет.

Ключевые слова: Камчатка, обвал, активный вулкан, дистанционные методы.

ВВЕДЕНИЕ

Обвалы — весьма распространенное явление на вулканических постройках. Обвалам способствует множество факторов, в числе которых значительная высота вулканических сооружений, крутизна их склонов, гетерогенность сложения (чередование лав и рыхлой пирокластики, наличие даек), высокая региональная и местная сейсмичность, обильные атмосферные осадки и т.п. (Мелекесцев, Брайцева, 1984). Обвалы по масштабу могут меняться от незначительных осыпей до крупнейших секторных обрушений, в результате которых образуются подвижные обломочные лавины (Siebert, 1984). Крупные обвалы на действующих вулканах могут служить спусковым крючком сильных извержений и даже приводить к перестройке питающей системы вулкана (Manconi et al., 2009). Но даже незначительный обвал на активном вулкане заслуживает пристального внимания, поскольку может сигнализировать о начинающейся активизации вулканической деятельности.

В период между 17 и 19 июня 2012 г. на вулкане Желтовский (Южная Камчатка) произошел обвал, отложения которого распространились на расстояние ~7 км от кратера. Событие оставалось

незамеченным до тех пор, пока не было выявлено авторами при просмотре обновлений в сервисе Google Earth. Настоящее сообщение посвящено выяснению деталей этого события и основано на интерпретации данных дистанционного зондирования. До сих пор на Южной Камчатке крупные обвалы были описаны только на вулканах Дикий Гребень и Камбальный (Ponomareva et al., 2006).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВУЛКАНА ЖЕЛТОВСКИЙ

Вулкан Желтовский расположен на Южной Камчатке примерно в 16 км к северо-востоку от Курильского озера (рис. 1). Высота вулкана, указанная на топографических картах, составляет 1957 м (съёмка 1974-1975 гг.). Постройка Желтовского была в целом сформирована в позднем плейстоцене (Камчатка ..., 1974). Она включает стратовулкан, срезанный кальдерой, и расположенный внутри кальдеры молодой конус, который увенчан крупным (~500×800 м) кратером (рис. 2). Кратер почти целиком заполнен голоценовыми лавовыми куполами, которые перекрывают его южную и восточную бровку. Вулкан сложен породами дифференцированной

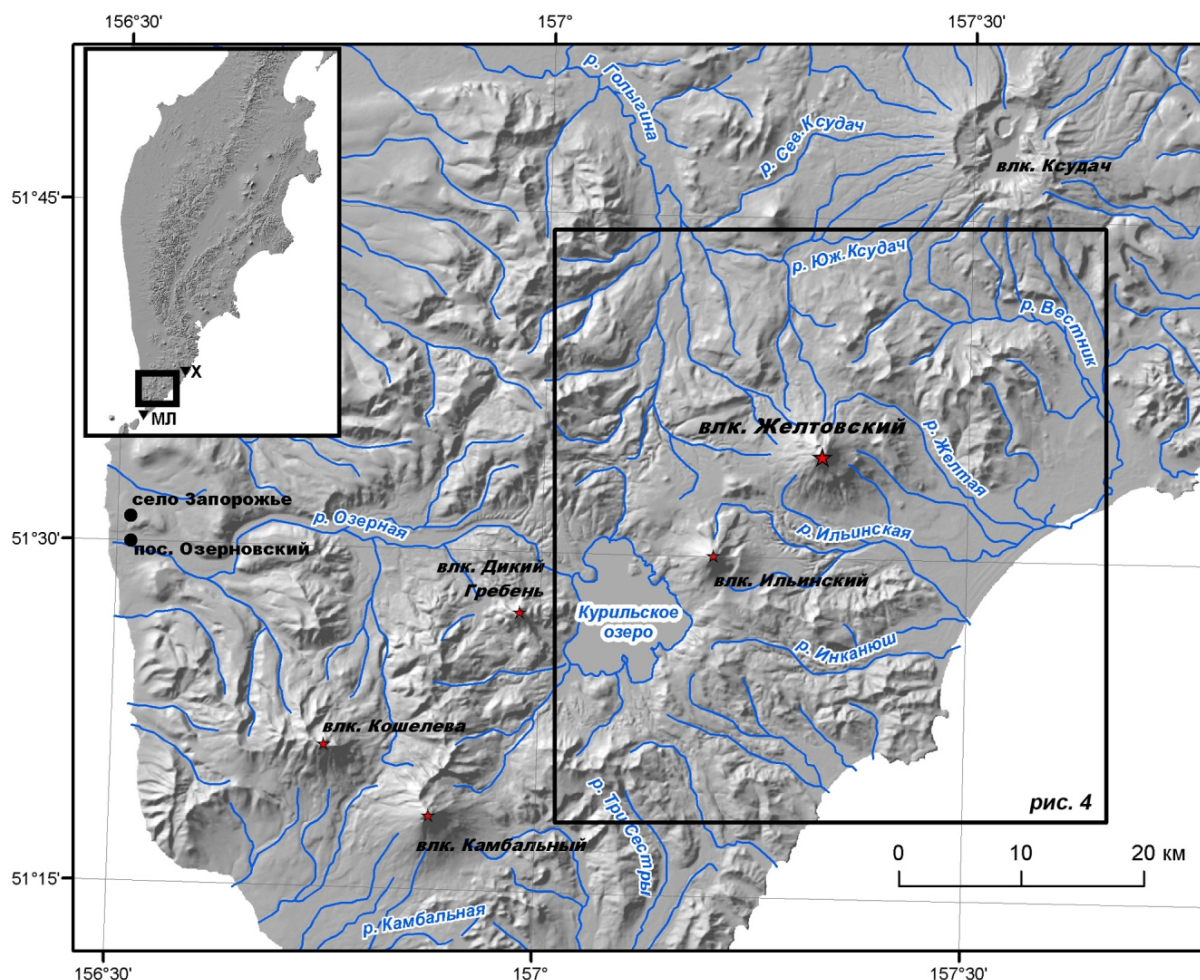


Рис. 1. Положение вулкана Желтовский. Рамкой показано положение рис. 4. На врезке треугольниками показано положение метеостанций Ходутка (X) и Мыс Лопатка (МЛ).

базальт-риолитовой серии (Действующие ..., 1991). В привершинной части вулкана широко распространены измененные породы. Подножие вулкана перекрыто отложениями пемзовых пирокластических потоков, связанных с кальдерообразующим извержением в районе Курильского озера ~8400 лет назад (Ponomareva et al., 2004). Здесь и далее для доисторических событий приводится калиброванный радиоуглеродный возраст в годах до 1950 г.

Вулкан считается действующим, поскольку для него зарегистрированы два исторических извержения: в XIX в. и в 1923 г. (Новограбленов, 1932). В начале 1972 г. на вулкане была обнаружена фумарольная активность, которая продолжалась до 1973 г. (Действующие ..., 1991). Ближайшие населенные пункты пос. Озерновский и село Запорожье находятся в ~60 км на запад от вулкана. В окрестностях Желтовского имеются кордоны Южно-Камчатского заказника, ближайший из которых расположен у истока р. Озерной на расстоянии 23 км к юго-западу от вулкана Желтовский.

Тефрохронологические исследования у под-

ножия вулкана Желтовского позволили в общих чертах выяснить эруптивную историю вулкана в голоцене и выяснить характер некоторых его извержений (Ponomareva et al., 2002; Zaretskaya et al., 2007; неопубликованные данные авторов).

Лавовый купол I (рис. 2), который перекрывает западный борт вершинного кратера и является самой высокой точкой вулкана, образовался ~4000 лет назад. Мантия купола, состоящая из обломков андезибазальта, спускается по западному склону вулкана и залегает в почвенно-пирокластическом чехле в горизонте шлаков этого возраста, датированных авторами радиоуглеродным методом по подстилающей их почве. После этого извержения в деятельности вулкана наступил длительный перерыв.

Вулканическая активность возобновилась ~500 лет назад, когда произошло излияние пеплово-глыбового пирокластического потока на южный склон вулкана, выпадение тефры, формирование андезитового лавового купола II, а также формирование лахаров, отложения которых прослеживаются до побережья Тихого океана (рис. 2). Тефра распространилась во все

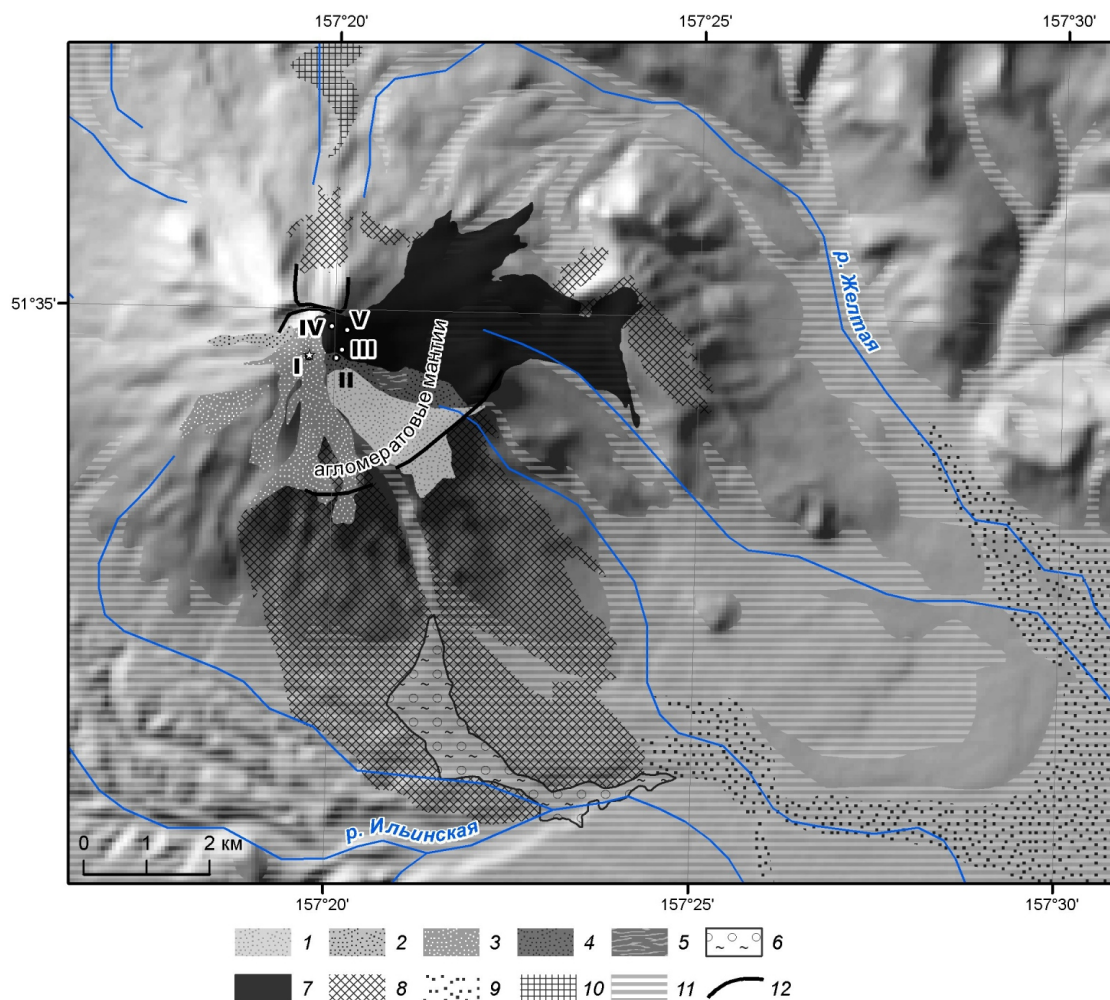


Рис. 2. Голоценовые отложения вулкана Желтовский до обвала (в качестве подложки использована теневая отмывка по ЦМР SRTM): 1 – агломеративная мантия наиболее древнего внутрикратерного экструзивного купола, разрушенного обвалом 2012 г., 2 – агломеративная мантия внутрикратерного купола неизвестного возраста, 3 – экструзивный купол I (~4000 л. н.) и его агломеративная мантия, 4 – экструзивный купол II (~500 л. н.) и его агломеративная мантия, 5 – лавовый поток 500 л. н., 6 – отложения пеплово-глыбового потока ~500 л. н., 7 – экструзивные купола III-V (XIX в.) и их агломеративная мантия, 8 – обвально-осыпной шлейф, 9 – отложения лахаров, 10 – отложения крупного древнего обвала, 11 – отложения пирокластических потоков кальдерообразующего извержения в районе Курильского озера, 12 – бровки кальдеры, кратера и обвального цирка. Точками показаны вершины экструзивных куполов, звездочкой – вершина вулкана.

стороны от вулкана на расстояние более 15 км. На юго-восточном подножии вулкана на расстоянии ~8 км от кратера ее мощность достигает 20 см.

Тефра следующего извержения зажата в разрезе между пемзой вулкана Ксудач извержения 1907 г. и почвой с возрастом ~180 лет. Ее стратиграфическое положение позволяет предположить, что эта тефра принадлежит событию XIX в., отмеченному в сводке П.Т. Новограбленова (1932). Именно это извержение, вероятно, было самым сильным за всю голоценовую историю вулкана. Во время извержения произошел выброс тефры в ВЮВ направлении, формирование лавовых куполов III-V в восточной части вершинного кратера и их мантий на восточном склоне вулкана, а также образование лахаров. Тефра

этого извержения представляет собой «лавовые лапилли», которые по составу отвечают базальтам и содержат обильные алливалитовые включения. Мощность тефры на побережье Тихого океана в 20 км от вулкана составляет ~30 см, по размерности тефра отвечает лапилли и гравию. На основании установленного в ходе полевых работ пространственного положения изопакиты 30 см, минимальный объем тефры можно оценить в 0.5 км³ (Legros, 2000).

Следующее извержение, произошедшее в 1923 году было описано очевидцами следующим образом: «1923 г. 11 февраля в 13 ч. началось землетрясение и послышался подземный гул сначала тихо, а потом все громче и сильнее, пока, наконец, в 14 часов не последовал сильный толчок и не раздался страшный взрыв на вершине Жел-

товской сопки. Мгновенно из кратера вылетел огромный черный столб дыма, образовавший над вулканом черную тучу. С момента взрыва землетрясение прекратилось и более не повторялось. Гул шел уже от кратера; ночью зрелище было исключительное по своей эффектности. Сопка горела, как чудовищный факел. Лапилли (мелкие перегоревшие камни) вылетали снопом из недр Земли, падая в сторону реки Ксудач. Извержение продолжалось в течение двух месяцев, постепенно ослабевая в силе» (Полярная звезда, 1923, по http://www.wdcb.ru/sep/seismology/method/Kamchatka_2/Report_part2.html). Судя по этому описанию, тефра извержения 1923 г. выпадала к северу от вулкана. Эту тефру нам пока не удалось идентифицировать на местности. Возможно, извержение 1923 г. было значительно слабее, чем предыдущие.

Текущий период активности вулкана Желтовский, который начался ~500 лет назад после долгого перерыва, является одним из проявлений общей активизации вулканов самого юга Камчатки в последние сотни лет (Ponomareva et al., 2002).

УСТАНОВЛЕНИЕ ДАТЫ СОБЫТИЯ

Впервые свежие обвальные отложения у южного подножия вулкана Желтовский были обнаружены авторами в 2014 г. на снимках 26 августа 2013 г., опубликованных в июне 2014 г. на сервисе Google Earth.

Летом 2006 г. на вулкане проводились полевые работы отряда Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, во время которых были сделаны фотографии его южного склона (рис. 3 в, г). Обвал к этому времени еще не произошел.

Анализ доступных архивных снимков Landsat-5 и Landsat-7 (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) позволил сузить временной промежуток обвала — 17-21 июня 2012 г. Однако небольшая периодичность съемки местности сенсором Landsat-7/ETM+ не позволила установить точную дату события.

Дальнейшее уточнение даты обвала было проведено по оперативным ежедневным снимкам, полученным съемочной системой MODIS на территорию исследования. Съемочная система MODIS, несмотря на невысокое пространственное разрешение, позволяет ежедневно получать снимки на исследуемую территорию. Ежедневные покрытия практически на всю территорию Земли опубликованы в открытом доступе в сети Интернет и могут быть использованы для восстановления тех или иных событий (<https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview/>).

На рис. 4 представлены космические снимки

Aqua/MODIS за 17 и 19 июня. На космическом снимке от 19 июня контур отложений обвала уже отчетливо виден, в то время как на снимке 17 июня он отсутствует. Снимки 18 июня оказались неинформативны из-за плотной облачности. Таким образом, обвал произошел в интервал времени между 14:30 17 июня и 14:20 19 июня, время Камчатское (<http://www.ssec.wisc.edu/datacenter/aqua/archive/GLOBAL/>).

ОПИСАНИЕ ОБВАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Обвал 17-19 июня 2012 г. произошел на южном склоне вулкана, обломки остановились у его основания, лишь немного не дойдя до долины безымянного правого притока реки Ильинской. Стенка отрыва обвала расположена на высотах 1400-1800 м и захватывает южную часть экструзивного купола II и его мантии, общая площадь обвального цирка составила около 0.3 км² (рис. 5).

Перемещенный обломочный материал частично был задержан уступом кальдеры в 1200 м к юго-востоку от стенки отрыва и образовал два небольших аккумулятивных тела (рис. 5, **3А** и **3Б**) в верхней части постройки. Площадь шлейфа **3А** около 0.6 км², **3Б** — 0.25 км². В осыпных шлейфах присутствуют блоки более 40 м в поперечнике (рис. 5, врезка). Блоки рассеяны в обломочной массе в целом равномерно с некоторой концентрацией у фронта участка **3А**. Шлейф **3Б** отделен от обвального цирка верховьями эрозионного вреза. Видимо, из-за этого он сложен более однородным материалом с меньшим количеством крупных обломков. Судя по облеканию обвальным материалом погребенного им рельефа и характеру залегания обвального материала в бортах эрозионных врез, мощность этих осыпей хоть и достаточна для формирования сплошного заполнителя между крупнейшими обломками, но не превышает 10 м.

Большая часть материала прошла по эрозионному врезу, прорезающему уступ кальдеры в ее юго-восточной части, и образовала обвальную конус **3В**, прислоненный к основанию докальдерной постройки вулкана.

Отложения **3В** остановились в 4-7 км от стенки отрыва на обвально-пирокластическом шлейфе у подножия вулкана, в 400 м от русла крупного левого притока р. Ильинской. Обломочный материал перекрыл два эрозионных вреза и сформировал подпруды, которая привела к образованию озера в период снеготаяния 2013 г. В течение лета 2013 г. площадь озера оставалась примерно постоянной и составляла ~60 тыс. м².

На детальных космических снимках от 26 августа 2013 г., опубликованных на сервисе Google Earth, видно, что отложения обвала имеют волнистую поверхность. По всей види-

мости, это связано с оседанием, уплотнением материала за период, прошедший со времени обвала, в том числе из-за вытаявания погребенного обвалом снега. В отличие от осыпей **3А** и **3Б**, облегающих вулканическую постройку, поверхность тела **3В** имеет выпуклую форму, показывающую его бóльшую мощность.

ОБЪЕМ ОБВАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Описываемый обвал создал три аккумулятивных тела: два относительно небольших шлейфа внутри кальдеры и крупный конус у юго-восточного подножья вулкана, расположенный непосредственно под врезом, рассекающим уступ кальдеры. Принимая характерную мощность верхних участков (**3А** и **3Б**) 10 м и учитывая их площади 0.6 км² и 0.25 км², можно оценить их суммарный объем в 0.0085 км³.

Основное поле обвальных отложений **3В** имеет площадь 3.258 км². Принимая мощность обвальных отложений 20 м, как минимальную мощность, необходимую для того, чтобы аккумулятивное тело имело выпуклую форму, можно

получить оценку объема 0.066 км³ или вместе с отложениями внутри кальдеры 0.067 км³.

Описываемое событие является одним из крупнейших обвалов на Камчатке, не связанным напрямую с вулканической активностью. Так, например, он втрое превышает объем обвала в Долине Гейзеров в 2007, составляющий 0.021 км³ (Двигало, Мелекесцев, 2009).

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ОБВАЛА

Обвалы на действующих вулканах могут быть вызваны региональной или локальной сейсмической активностью или вулканической активностью. Кроме того, обвалу могут способствовать метеорологические условия, например, обильные осадки (Мелекесцев, Брайцева, 1984).

Для оценки метеорологических условий как причины обваливания части вулканической постройки были проанализированы архивы погоды (<http://gp5.ru>) ближайших к вулкану метеостанций Ходутка и Мыс Лопатка (рис. 1, врезка). Анализ метеоданных показал лишь небольшой дождь в предшествующий обвалу двух-

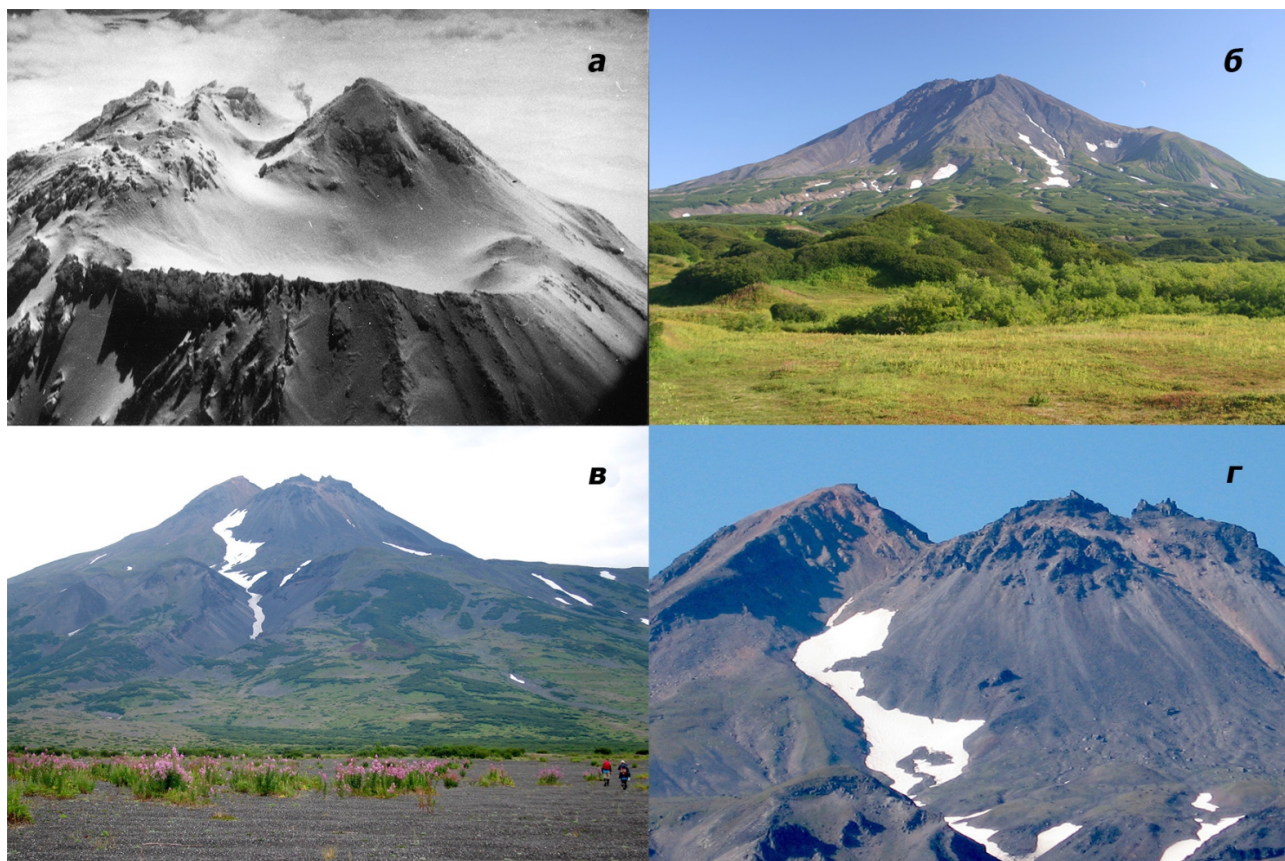


Рис. 3. Общий вид и детали постройки вулкана Желтовского. Вершинная часть постройки, вид с ССЗ (а). На первом плане кратер вулкана. Справа — экструзивный купол, образовавшийся около 4000 лет назад, слева — группа куполов, образовавшихся, скорее всего, в XIX веке (фото Н.П. Смелова). Северные склоны вулкана (б), на затененном склоне вулкана видна стенка отрыва древнего обвала (фото Р.Н. Сагитовой). Южные склоны вулкана до обвала 2012 г. (в, г) (фото Н.Л. Миронова). На фото г в вершинной части слева — купол с возрастом ~4000 л.н. (I), далее на восток — купол ~500 л.н. (II) и за ним — купола, сформировавшиеся, по-видимому, в XIX веке (III-V).

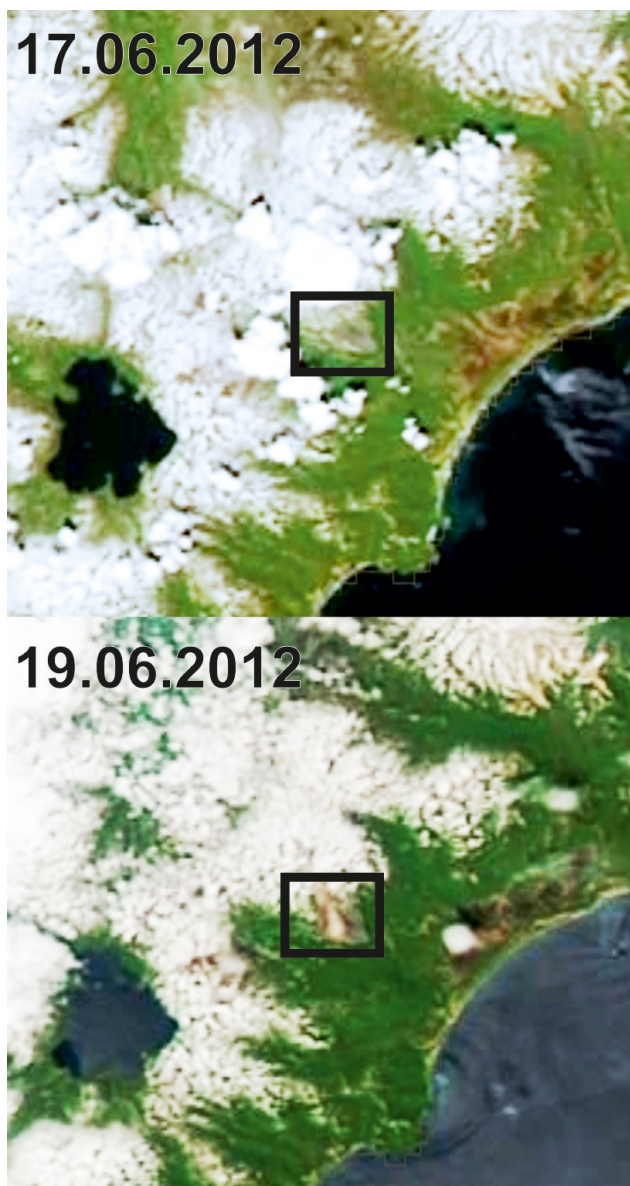


Рис. 4. Фрагменты снимков Aqua/MODIS до (сверху) и после обвала (снизу). Положение обвала показано рамками.

недельный период. Однако следует учитывать, что верхняя часть постройки еще была покрыта снегом, который, насыщая грунт влагой, мог способствовать обвалу.

Обзор данных из каталога землетрясений Камчатского филиала (КФ) Геофизической службы (ГС) РАН (http://data.emsd.ru/dbquaketxt_min/index_r.htm) показал, что непосредственно перед обвалом сейсмическая обстановка была спокойной. В радиусе 20 км от постройки вулкана крупных сейсмических событий обнаружено не было. Однако стоит отметить, что в 2008-2010 гг., наблюдалась серия неглубоких сейсмических событий в непосредственной близости от Желтовского вулкана (рис. 6, таблица).

В большинстве случаев увеличение вулканической активности можно зафиксировать по

инфракрасным тепловым каналам спутниковых данных. Для этой задачи были проанализированы спутниковые снимки NOAA AVHRR (<http://www.class.ncdc.noaa.gov>) и данные системы автоматического определения термальных аномалий MODVOLC (<http://modis.higp.hawaii.edu>) за май – июнь 2012 г. В пределах вершины Желтовского вулкана не было обнаружено увеличения температуры выше фоновых значений. Также не наблюдалось повышенных температур в пределах обвальных отложений, что подтверждает именно обвальный генезис перемещенных масс и говорит о том, что в строении изучаемой толщи не принимал участие свежий горячий пирокластический материал (например, в виде пеплово-глыбового потока).

Таким образом, единственным возможным внешним триггером обвала можно назвать весеннее снеготаяние и связанное с ним переувлажнение грунтов. Обваливанию постройки способствовали ее значительная (около 1700 м) относительная высота, неоднородное строение и присутствие измененных пород.

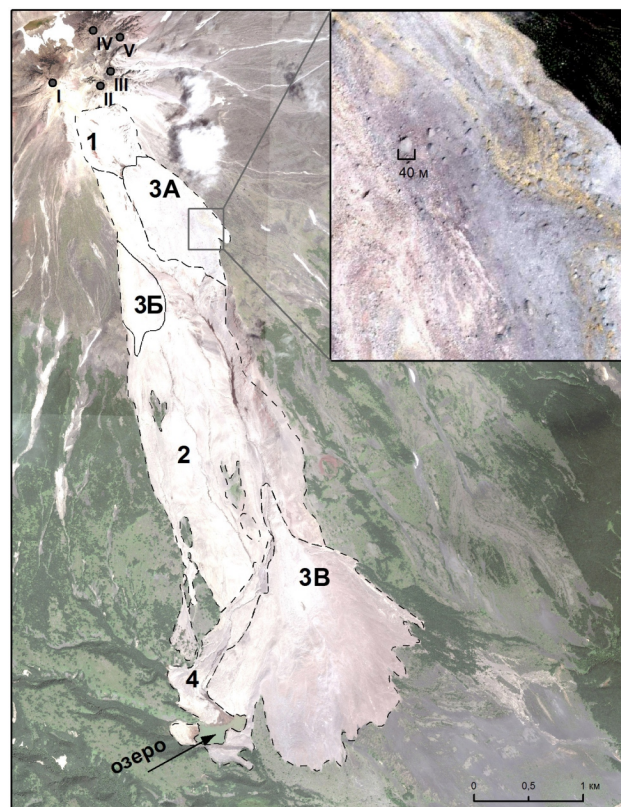


Рис. 5. Вулкан Желтовский после обвала: 1 – стенка отрыва, 2 – область транзита, 3 – материал обвала ненарушенный, 4 – то же, переотложенный текущей водой. Стрелкой показано положение подпрудного озера. На врезке структура обвальных отложений (снимки с сервиса Google Earth). Римскими цифрами показаны внутрикратерные экструзивные купола в соответствии с текстом и рис. 2. Заглавными буквами показаны фрагменты обвала в соответствии с текстом.

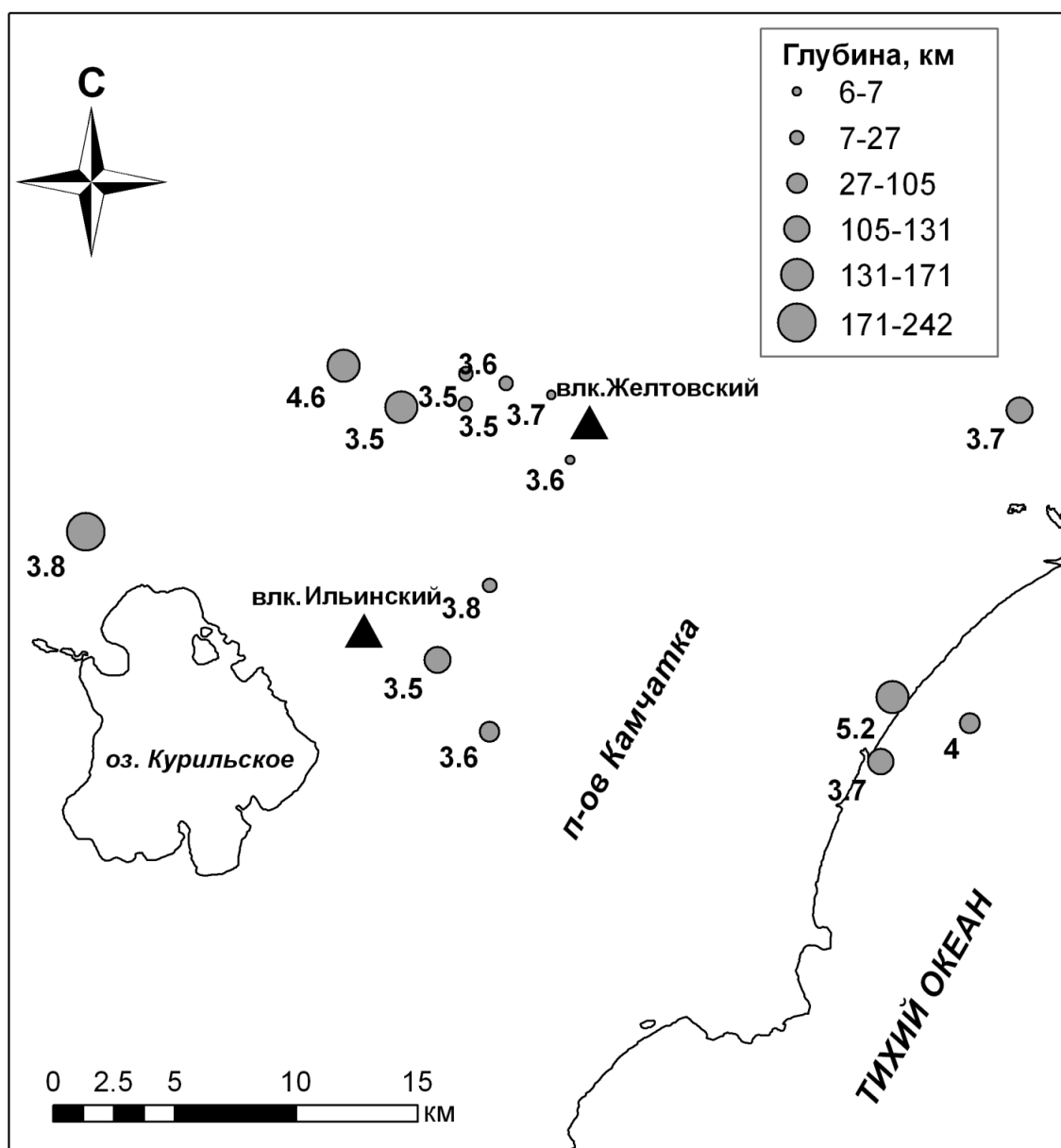


Рис. 6. Схема расположения сейсмических событий за период 2005-2014 гг. в радиусе 20 км от Желтовского вулкана (по данным КФ ГС РАН). Цифрами на карте показана магнитуда землетрясений.

ВЫВОДЫ

Обвал, произошедший между 17 и 19 июня 2012 г. на юго-восточном склоне вулкана Желтовский, даже при сделанных авторами минимальных оценках объема в 0.067 км^3 является крупнейшим из описанных обвалом на Камчатке, не связанным с вулканической активностью. Не установлено никаких ясных предвестников обвала: не было отмечено ни увеличения региональной или локальной сейсмической активности, которая могла бы служить признаком активизации эндогенных процессов, ни сильных ливней. Обвал не вызвал активизацию вулкана. Предпосылками для обвала послужили значительная относительная высота вулканической постройки, ее гетерогенное строение и

присутствие измененных пород. Единственным возможным триггером обвала можно считать переувлажнение грунтов в период весеннего снеготаяния. Обвал на вулкане Желтовском показывает, что крупные обвалы на вулканических постройках могут происходить практически без предвестников, что заставляет более внимательно подходить к проблеме их прогноза и оценки связанной с ними опасности. Использование данных дистанционных исследований, большая часть которых была получена из общедоступных источников, позволило получить новые и довольно детальные сведения о современных процессах на вулкане, расположенном в труднодоступном районе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-05-00346.

Сейсмические события за период 2005-2014 гг. в радиусе 20 км от Желтовского вулкана (по данным КФ ГС РАН).

Дата	Время	Северная широта, град	Восточная долгота, град	Глубина, м	Класс	Магнитуда
2005-05-05	20:44:03	51.492	157.465	114.7	10.3	4.4
2005-09-15	17:17:11	51.596	157.188	171.7	10.7	4.6
2005-12-15	17:07:58	51.469	157.564	105.0	9.4	4
2006-02-02	8:48:03	51.488	157.248	131.2	8.5	3.5
2008-03-09	14:55:17	51.532	157.038	242.6	9.1	3.8
2008-12-19	8:58:31	51.591	157.285	20.0	8.6	3.6
2008-12-19	10:47:25	51.583	157.261	18.4	8.5	3.5
2008-12-30	0:09:53	51.594	157.261	20.0	8.5	3.5
2009-02-19	16:45:37	51.516	157.278	26.8	9.1	3.8
2010-01-23	2:05:41	51.563	157.324	5.9	8.7	3.6
2010-08-06	0:11:22	51.585	157.59	117.6	8.9	3.7
2011-01-11	23:44:35	51.587	157.312	7.1	8.8	3.7
2014-01-11	13:57:44	51.454	157.512	126.9	8.8	3.7
2014-05-16	11:26:27	51.478	157.518	148.5	11.9	5.2
2014-09-20	5:41:36	51.581	157.223	157.8	8.5	3.5
2014-10-06	12:59:41	51.462	157.28	99.2	8.6	3.6

Список литературы

- Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 2. 415 с.
- Двигало В.Н., Мелекесцев И.В. Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 5. С. 24-37.
- Камчатка, Курильские и Командорские острова. / Под. ред. Лучицкого И.В. М.: Наука, 1974, 440 с.
- Мелекесцев И.В., Брайцева О.А. Гигантские обвалы на вулканах // Вулканология и сейсмология. 1984. № 4. С. 14-23.
- Новограбленов П.Т. Каталог вулканов Камчатки // Известия государственного географического общества. Т. LXIV. 1932. Вып. 1. С. 88-99.
- Полярная звезда, 1923 (http://www.wdcb.ru/sep/seismology/method/Kamchatka_2/Report_part2.html)
- Legros F. Minimum volume of a tephra fallout deposit estimated from a single isopach // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2000. V. 96. P. 25-32
- Manconi A., Longpré M-A., Walter T.R., et al. The effects of flank collapses on volcano plumbing systems // Geology. 2009. V. 37. № 12. P. 1099-1102.
- Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D., Dirksen O.V. et al. Holocene paleosols as records of intervals of volcanic quiescence in the Kurile Lake region, South Kamchatka. // TEPHRAS, chronology, archaeology / E. Juvigné & J.P. Raynal (eds.). Les dossiers de l'Archéo-Logie № 1. 2002. CDERAD ed. P. 91-100.
- Ponomareva V.V., Kyle P.R., Melekestsev I.V., et al. The 7600 (14C) year BP Kurile Lake caldera-forming eruption, Kamchatka, Russia: stratigraphy and field relationships // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2004. V. 136. P. 199-222.
- Ponomareva V.V., Melekestsev I.V., Dirksen O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene-Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2006. V. 158. P. 117-138.
- Siebert L. Large volcanic debris avalanches: characteristics of source areas, deposits, and associated eruptions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1984. V. 22. P. 163-197.
- Zaretskaya N.E., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. Radiocarbon dating of large Holocene volcanic events within South Kamchatka (Russian Far East) // Radiocarbon. 2007. V. 49. № 2. P. 1065-1078.

ОБВАЛ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ВУЛКАНЕ
LANDSLIDE ON ACTIVE ZHELTOVSKY VOLCANO (SOUTHERN KAMCHATKA)

E.A. Zelenin¹, V.V. Ponomareva², P.G. Mikhaylyukova³, D.V. Melnikov²

¹*Geological Institute of RAS, Moscow, 119017. e-mail: egorzelenin@mail.ru*

²*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006*

³*Lomonosov Moscow State University, Moscow, 11999.*

This paper describes a large landslide that occurred on Zheltovsky Volcano in summer 2012. The article describes main features of the volcanic edifice and considers parameters of the landslide. The landslide was likely caused by the altered rocks in the summit area as well as water infiltration during snow melting. No significant seismic or meteorological events had been registered immediately prior to the landslide. This example shows that large landslides at the volcanic edifices may occur without catastrophic precursors, which makes the hazard assessment more difficult. The paper is based exclusively on the remote sensing data most of which are available online from open sources.

Keywords: Kamchatka, landslide, active volcano, remote sensing.