

УДК 551.21

О ПРОДОЛЖЕНИИ НОВОГО ЭРУПТИВНОГО ЦИКЛА ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ в 2001–2021 гг., КАМЧАТКА

© 2022 г. Н. А. Жаринов^а *, Ю. В. Демянчук^а, И. А. Борисов^а

^аИнститут вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, бульвар Пуйна, 9, Петропавловск-Камчатский, 683006 Россия
*e-mail: nzhar@kscnet.ru

Поступила в редакцию 14.09.2021 г.
После доработки 25.11.2021 г.
Принята к публикации 24.12.2021 г.

Рассматривается активность вулкана Шивелуч (56.6° с.ш., 161.4° в.д.) во время нового эруптивного цикла в 2001–2021 гг.: анализируется рост новых экструзивных образований; приводятся сведения о крупных эксплозивных извержениях и их последствиях, произошедших в этот период. Обсуждаются возможности катастрофических извержений в обозримом будущем. По материалам непрерывных видеонаблюдений в течение четырех лет выполнена оценка тепловой мощности и объемов пирокластики по выбросам газопирокластических струй.

Ключевые слова: вулкан Шивелуч, экструзивное извержение, обелиск, лавовый купол

DOI: 10.31857/S0203030622020067

ВВЕДЕНИЕ

Андезитовый вулкан Шивелуч со средним расходом 36 млн т в год занимает второе место на Камчатке по объему продуктов извержения (рис. 1). Это сильно разрушенное вулканическое сооружение, его возраст предположительно 70–60 тыс. лет. Поперечник основания вулкана близок 40 × 45 км, площадь основания не менее 1300 км². Абсолютная высота главной вершины 3283 м.

Современная постройка включает Старый Шивелуч, древнюю кальдеру и активный Молодой Шивелуч. Извержение, во время которого образовалась кальдера, произошло приблизительно 30 тыс. лет назад. Во время извержения было выброшено 50–60 км³ породы. Извержения такого масштаба обычно наблюдаются на андезитовых вулканах и наиболее опасны для людей. Происходят подобные извержения достаточно редко и практически мгновенно. Основные события в последние 10 тыс. лет и в историческое время происходили внутри кальдеры вулкана Молодой Шивелуч. Это были катастрофические эксплозивные извержения типа направленных взрывов и слабые извержения, сопровождаемые ростом экструзивных куполов внутри кальдеры [Действующие вулканы ..., 1991].

Последние два катастрофических извержения с интервалом 110 лет произошли 01–02.03.1854 г. и 12.11.1964 г. В 2021 г. исполнилось 57 лет после катастрофического извержения 1964 г. В ходе этих извержений выбрасывалось от 1.0–1.5 до

5.0–6.0 км³ материала. Отложения взрывов и пирокластических потоков покрывали площади, близкие 100–150 км². В эруптивных центрах (центрах взрывов) возникали кратеры диаметром 1–3 км в поперечнике.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЭКСТРУЗИВНЫХ КУПОЛОВ

С августа 1980 г. внутри кальдеры вулкана Молодой Шивелуч идет выжимание новых экструзивных куполов (рис. 2). Формирование экструзивных куполов нужно рассматривать в общем цикле деятельности вулкана. Можно выделить одноцикличные и многоцикличные экструзивные купола. Одноцикличные купола обычно образуются на склонах или у подошвы вулкана. Такие более старые купола можно наблюдать в районе Северной группы на вулканах Безымянный и Шивелуч. Деятельность одноциклических куполов заканчивается с прекращением экструзии лавы. На вулкане Шивелуч к этому типу относится купол Коран. С начала его становления прошло более 150 лет.

Купола, формирующиеся в центральном кратере вулкана, обычно относятся к многоциклическим. Это современные купола вулканов Безымянный и Шивелуч и купол вулкана Кизимен. Их формирование занимает продолжительное время в деятельности вулкана. Во время катастрофических эксплозивных извержений происходит разрушение новых экструзивных образований.



Рис. 1. Пепловый выброс на вулкане Шивелуч 23 ноября 2014 г. В центре – растущий экструзивный купол; на заднем плане – постройка вулкана Старый Шивелуч; высота эруптивной колонны ~7.5 тыс. м н.у.м., вид с юга. Фото Ю.В. Демянчука.

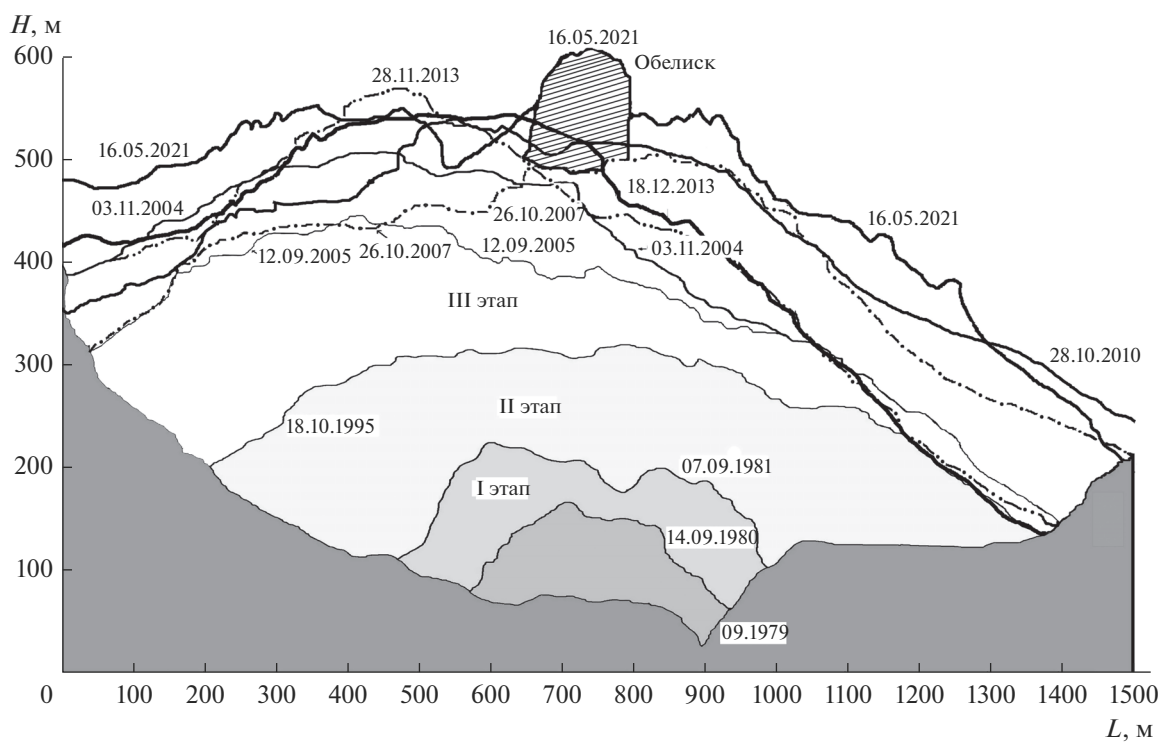


Рис. 2. Профили лавового купола на разных этапах его образования. Штриховкой обозначен лавовый обелиск 2021 г.

Таблица 1. Изменения высот и объемов экструзивного купола до и после крупных эксплозивных извержений в 1993–2018 гг.

Дата	Относительная высота купола от основания, м	Время определения: до извержения, после	Объем купола, км ³	Изменения объема, км ³
04.04.1993	160	До	0.037	+0.102
10.03.1994	443	После	0.139	
07.02.2005	517	До	0.308	–0.040
05.03.2005	392	После	0.268	
28.10.2010	563	До	0.492	–0.234
14.12.2010	519	После	0.251	
26.10.2011	441	После	0.258	
27.08.2013	573	До	0.316	–0.086
03.12.2013	584	–	0.279	
02.02.2015	527	После	0.230	
22.03.2016	600	–	0.291	–0.044
02.03.2018	590	–	0.247	

После этого можно наблюдать периоды покоя и затем, по истечении времени, начало нового эруптивного цикла, т.е. рост новых экструзивных куполов.

Период покоя перед катастрофическим извержением 1854 г. продолжался около 54 лет. После извержения отмечено четыре периода активности вулкана: 1879–1893 гг., 1897–1898 гг., 1918–1924 гг. и 1944–1950 гг. Продолжительность активных периодов менялась от одного года до 13 лет. Перед катастрофическим извержением 1964 г. наблюдался период покоя в течение 14 лет. После извержения 1964 г. периоды эруптивной деятельности происходили в 1980–1981 гг., 1993–1995 гг. и самый продолжительный период за историческое время наблюдений – с 2001 г. по сентябрь 2021 г. (см. рис. 2). Главным критерием выделения отдельных этапов была полная остановка эруптивной деятельности. Продолжение вулканической активности обычно происходило с мощных эксплозивных извержений. Так было 22 апреля 1993 г. (начало II этапа извержения) и в апреле 2001 г. (начало III этапа извержения) [Федотов и др., 1995, 2004]. Отметим характерные особенности на всех этапах извержений. Наибольшая скорость роста экструзивного купола наблюдалась в первые два месяца после начала эруптивного процесса. В это же время происходил максимальный расход магмы (от 0.14 до 0.25 млн м³/сут).

АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ в 2012–2021 гг.

Настоящая работа является продолжением серии статей, посвященных изучению формирования новых экструзивных образований в кальдере вулкана Шивелуч. Рост новых экструзивных ку-

полов на третьем этапе продолжается на вулкане в центральной части кратера с апреля–мая 2001 г. по настоящее время [Федотов и др., 2004; Горбач, 2006; Гирина и др., 2006; Жаринов, Демянчук, 2011, 2013; Озеров и др., 2020]. В разделе приведены результаты визуальных и видеонаблюдений, полученные авторами при изучении вулкана с 2012 по август 2021 гг.

Третий этап формирования купола сопровождался мощными эксплозивными извержениями (рис. 3). Значительные эксплозивные события происходили в 2001, 2004, 2005, 2010, 2013, 2018 и 2019 гг. После усиленной эксплозивной деятельности в 2005, 2010, 2013 гг. и серии выбросов в декабре 2018 г. – первой половине 2019 г. наблюдался частичный развал вершины купола, уменьшение его высоты и объема (см. рис. 2, табл. 1). По геодезическим данным уже к маю 2004 г. объем внутрикратерного купола достиг 0.30×10^9 м³. Такой объем имел купол Суелич перед катастрофическим извержением в 1964 г. Рост купола Суелич происходил в 1944–1950 гг. в этом же кратере.

Максимальный объем купол имел перед крупным эксплозивным извержением 27 октября 2010 г. (0.49 км³), в ходе которого произошел частичный развал купола. Объем разрушенной части купола по данным аэросъемки и видеонаблюдениям составил 0.27 км³ [Двигало и др., 2011; Жаринов, Демянчук, 2013].

Весь последующий год шло обрушение стенок полуразрушенной юго-восточной части кратера. Прироста объема купола отмечено не было до конца октября 2011 г. В дальнейшем – с конца 2011 г. до конца августа 2013 г. – вновь происходило увеличение объема купола, продолжался непрерывный экструзивный процесс. После мощ-

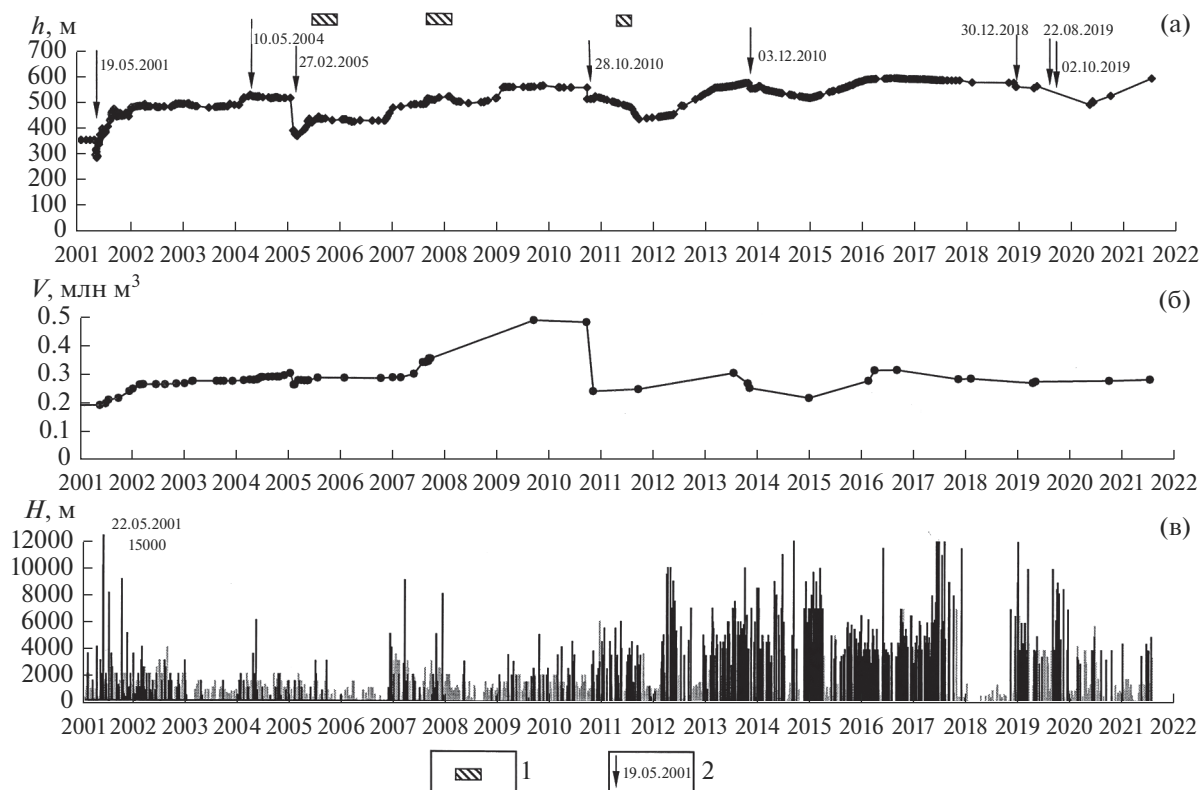


Рис. 3. Характеристики извержений вулкана Шивелуч в 2001–2021 гг.

а – изменения высоты лавового купола по теодолитным наблюдениям, м (1 – излияния лавовых потоков на склоны вулкана, 2 – пароксизмальные эксплозивные извержения); б – изменения объема лавового купола, млн м³; в – изменения высот пепловых выбросов (темные линии) и парогазовых выбросов (светлые линии).

ных эксплозивных извержений 28 февраля 2005 г. и 27 октября 2010 г. произошло значительное разрушение купола. Отметим основные события, связанные с продолжением извержения в 2012–2021 гг.

2012 г. С начала года вулканическая активность проявлялась в виде слабой парогазовой fumarольной деятельности. После увеличения амплитуды вулканического дрожания (ВД) 26 января произошел пепловый выброс на высоту 4 тыс. м над уровнем моря (н.у.м.). В феврале отмечалось свечение на куполе в ночное время. В дальнейшем амплитуда ВД продолжала увеличиваться, усиливалось свечение на куполе, происходил сход раскаленных лавин. В марте и апреле отмечались отдельные пепловые выбросы, наибольшее количество пепловых выбросов произошло в мае (6) и июне (7). Высоты выбросов в эти месяцы менялись от 5 до 7 тыс. м н.у.м. Далее до конца года ежемесячно происходили отдельные выбросы. Наибольшая эксплозивная активность происходила с мая по июль, всего за год произошло 22 пепловых выбросов. Затем извержение вступило в экструзивную фазу, о чем свидетельствовало

интенсивное свечение и прирост купола, наблюдаемый до конца года (см. рис. 3).

2013 г. В этом году продолжалось усиление вулканической активности в виде увеличения количества пепловых выбросов. С марта по декабрь количество выбросов менялось от 7–10 до 20–40 в месяц. Общее количество выбросов с пеплом за год достигло 159. Экструзивно-эксплозивная активность, сопровождаемая приростом высоты купола, происходила в течение всего года. По состоянию на 3 декабря относительная высота купола была 584 м. Наиболее мощным и значимым событием 2013 г. стало извержение 3 декабря, когда после очередной серии выбросов произошло разрушение купола, высота купола уменьшилась на 22 м. Как правило, выбросы сопровождалось сходом каменных лавин и свечением купола в ночное время. В декабре 2013 г. экструзивная активность вулкана начала снижаться.

2014 г. В течение года продолжалось ослабление активности вулкана, количество пепловых выбросов уменьшилось до 64, а также уменьшились высота и объем купола (см. рис. 3). Наиболее мощные пепловые выбросы наблюдались в мае,

июле, сентябре и декабре. Пирокластических потоков в 2014 г. не наблюдалось.

2015 г. По данным непрерывных видеонаблюдений за этот год зафиксировано 40 пепловых выбросов. Распределение по отдельным кварталам было следующим: 18, 9, 3, 10. При ослаблении взрывной деятельности наблюдалось усиление экструзивной активности в виде повышения свечения ночью, прироста высоты и объема купола (см. рис. 3, табл. 1).

2016 г. Продолжалось ослабление взрывной активности, всего за год произошло 22 выброса с пеплом.

2017 г. В первой половине года взрывная активность была в 2 раза выше, чем в 2016 г. Количество пепловых выбросов в месяц менялось от 4 до 13. Во второй половине года их количество снизилось до 1–2 в месяц, но высоты выбросов увеличились в это время до 9–12 тыс. м. Тепловая мощность и расход пирокластики значительно превышали значения двух предыдущих лет.

В 2017 г. значительных изменений в морфологии купола не произошло, лишь после извержения 05.12.2017 г. высота купола по сравнению с 2016 г. уменьшилась на 15 м: 06.10.2016 г. была 605 м, 05.12.2017 г. стала 590 м. Как и в предыдущие годы, при усилении взрывной деятельности экструзивная активность сократилась.

2018 г. Наблюдалось резкое снижение взрывной активности, за год произошло всего три пепловых выброса: 1 января, 9 ноября и 30 декабря. Высота взрывной колонны последнего достигла 12 тыс. м н.у.м. В конце 2018 г. вулкан снова активизировался.

2019 г. В первой половине года активность вулкана проявлялась редкими пепловыми выбросами, в ночное время постоянно наблюдали сход раскаленных лавин, что свидетельствовало об интенсивном экструзивном процессе. Единичные пепловые выбросы происходили 9 марта и 10 апреля. Усиление вулканической активности продолжилось в виде появления интенсивного свечения по периметру лавового купола, обращенного на ЮЗ–ЮВ. На вершине купола шло формирование лавовой короны, одновременно происходило и ее разрушение. К началу июля активность вулкана снизилась, но уже к августу стала увеличиваться, и 29 августа произошло мощное взрывное событие, сопровождающееся сходом пирокластического потока протяженностью около 10–12 км и частичным разрушением восточной и юго-восточной части купола. Высота купола после этого извержения не изменилась. До октября активность вулкана не менялась, но в последние три месяца пошла на убыль (см. рис. 3).

2020 г. Основные моменты экструзивного извержения вулкана Шивелуч в 2020 г. представлены на рис. 4. Характер деятельности вулкана из-

менился. Всю зиму купол оставался разогретым, о чем свидетельствовало отсутствие снега на постройке купола (см. рис. 4). На южной стороне купола до 2 февраля сохранялось свечение. 9 мая в районе постройки купола было отмечено интенсивное ВД, а 22 мая на куполе было обнаружено появление нового образования — лавового обелиска (см. рис. 4). Лавовый обелиск — это необычный монолит, поднимающийся из кратера. Обелиски образуются при выдавливании вязкой лавы из разрывов в твердой или полужидкой оболочке купола. Рост таких обелисков может продолжаться от нескольких часов до месяцев [Влодавец, 1984]. До 16 июля продолжалось выжимание лавового обелиска (см. рис. 4б, 4в). В середине июля высота нового блока купола была близка 70–80 м, в это же время появились первые следы разрушений нового образования (см. рис. 4г). В дальнейшем периоды выжимания нового обелиска чередовались с частичным разрушением (см. рис. 4д). Максимальных размеров новый обелиск достиг к концу октября (диаметр основания был близок 170 м, высота — 100 м) (см. рис. 4б).

2021 г. В течение года на вулкане продолжалось взрывно-экструзивно-эффузивное извержение. В самом конце января на вершине купола начал расти новый лавовый обелиск. Из-за плохой погоды впервые обелиск был обнаружен 2 февраля (см. рис. 4д). За 37 дней высота лавового обелиска достигла отметки 67 м и объема 0,76 млн м³. Наибольший прирост объема происходил с начала мая до середины июня — 3,33 млн м³ за полтора месяца, в это же время был и максимальный расход — 72 тыс. м³/сут. Средний расход выжатой на поверхность лавы в 2021 г. был 40 тыс. м³/сут, что в два раза больше, чем в 2020 г. В ночь на 23 июня в западной части обелиска произошел обвал. С этого времени начинается разрушение обелиска. За 134 дня обелиск вырос на 188 м и достиг объема 5,36 млн м³ (табл. 2).

Результаты деятельности андезитовых вулканов на дневной поверхности в основном представлены в виде постройки взрывных куполов, отложений пирокластических и грязевых потоков, отложений пепловых туч, а также отложений вязких лавовых потоков на его склонах.

Для вулкана Безымянный была выполнена оценка объема продуктов извержений при формировании взрывного купола после катастрофического извержения в 1956 г. [Жаринов, Демянчук, 2011]. Для этого вулкана имеем следующее соотношение объемов в процентах: объем купола составляет 54,3% (при весовом объеме 0,47 км³), пирокластические потоки — 31,2%, отложения пеплов — 13,5%, потоки вязкой лавы — 1%. Считая сходным характер извержений двух вулканов, можно оценить объемы продуктов извержений вулкана Шивелуч. При объеме нового

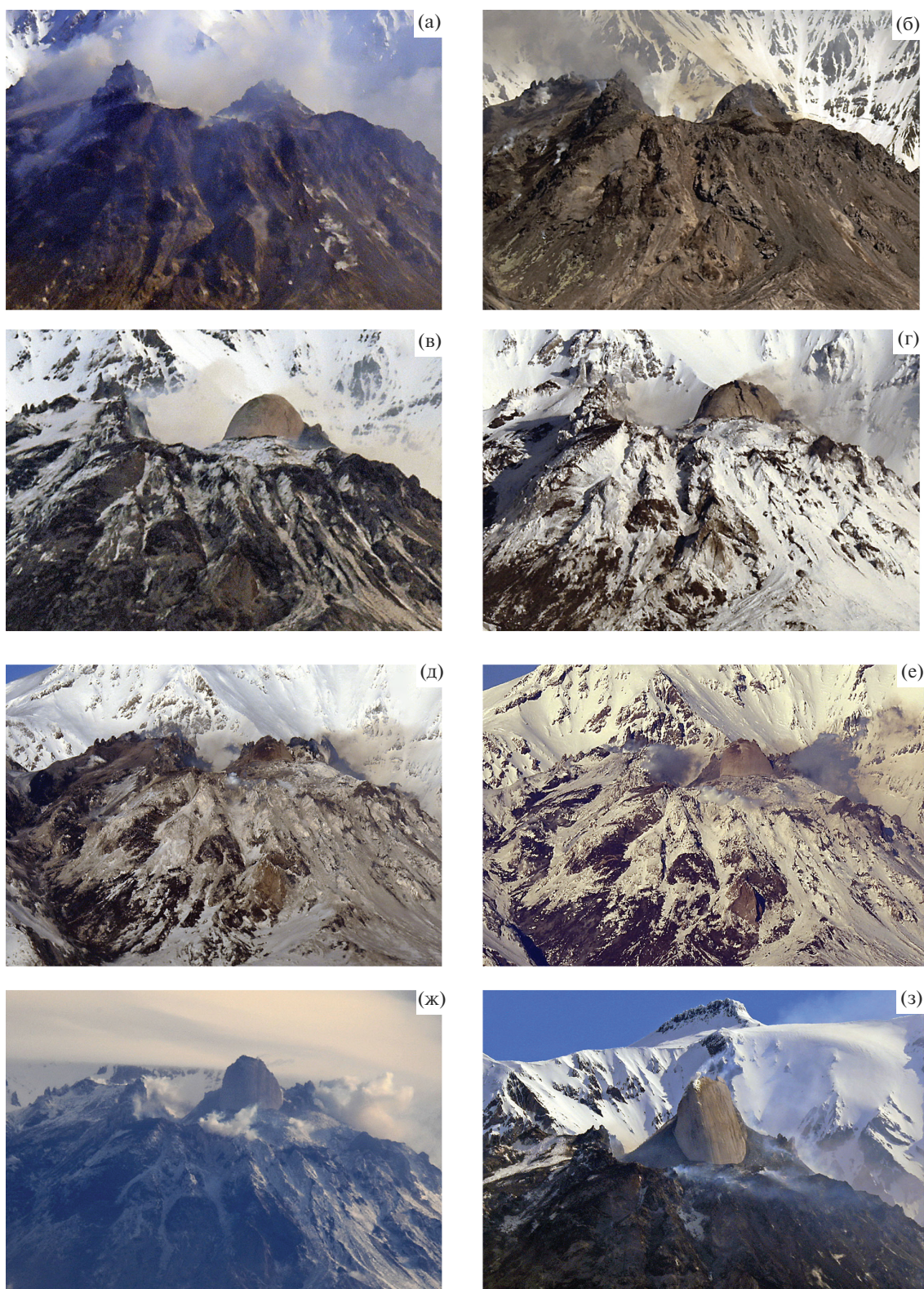


Рис. 4. Рост лавовых обелисков на экструзивном куполе вулкана Шивелуч в 2020 г. (а) и в 2021 г. (б). а — появление обелиска 22 мая, относительная высота 88 м; б — 10 июня, высота обелиска 105 м; в — 13 октября обелиск достиг максимальной высоты (127 м) и объема; г — 5 ноября, начало разрушения обелиска в 2020 г.; д — 12 февраля, начало выдавливания нового обелиска в 2021 г.; е — высота обелиска на 21 марта 67 м; ж — продолжение выдавливания обелиска, высота его на 12 апреля 122 м; з — 15 июня обелиск достиг максимальных размеров (высота — 188 м, объем — 5.4 млн м³).

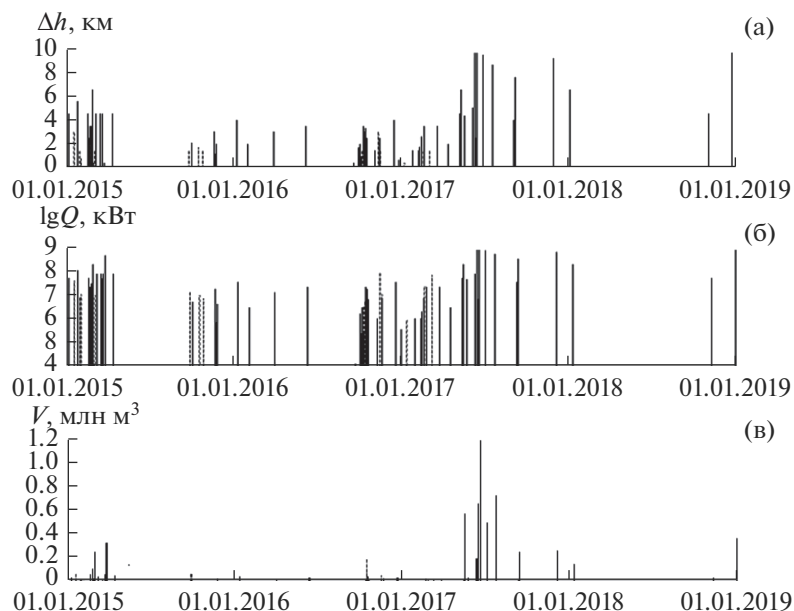
Таблица 2. Характеристики роста обелисков на вулкане Шивелуч в 2020–2021 гг.

Дата	Относительная высота (Н, м)	Диаметр основания, м	Время роста, сутки	Объем, тыс. м ³	Прирост объема, тыс. м ³	Средний расход, тыс. м ³ /сутки
12.03.2020	Начало роста обелиска		25		34	1.4
06.04.2020	28	68	48	34	869	18
22.05.2020	88	197	19	903	1128	59
10.06.2020	105	198	126	—	1486	12
18.07.2020	128	198				
13.10.2020	127	232		3617		Средний расход в 2020 г. 17 т м ³ /с
12.02.2021	Возобновление роста обелиска		37	227	537	14
21.03.2021	67	114	22	764	725	33
12.04.2021	122	139	29	1489	542	19
01.05.2021	152	156	46	2031	3326	72
16.06.2021	188	164		5357		
23.06.2021	181	149	Начало разрушения обелиска			Средний расход в 2021 г. 40 т м ³ /с

экструзивного конуса 0.49 км³ (максимальный объем конуса перед извержением 27 октября 2010 г.) объем пирокластических потоков будет близким — 0.28 км³, объем отложений пепла — 0.12 км³, объем лавовых потоков — 0.009 км³. Для сравнения, определение объемов пирокластики было выпол-

нено по данным непрерывных видеонаблюдений для 2015–2018 гг. (рис. 5).

В рассматриваемый период происходили серии эксплозивных извержений и множество отдельных пепловых выбросов. Только в ходе эксплозивного извержения 28 февраля 2005 г. отло-

**Рис. 5.** Тепловая мощность и объемы пирокластики по выбросам газопирокластических струй на вулкане Шивелуч в 2015–2018 гг.

а — высоты газопирокластических выбросов, км; б — тепловая мощность выбросов, кВт; в — объемы выброшенной пирокластики, м³.

жения пирокластических потоков составили более 0.2 км^3 [Нуждаев и др., 2005].

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ И ОБЪЕМОВ ПИРОКЛАСТИКИ ПО ВЫБРОСАМ ГАЗОПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ СТРУЙ

Поступление газопирокластической смеси из кратера вулкана продолжается чаще всего от нескольких до десятков минут. При расчетах вулкан принимали в качестве источника устойчивых газопирокластических струй. Оценка тепловой мощности производилась по высоте эруптивных колонн во время эксплозивных извержений по методике, изложенной в работе [Федотов, 1982].

Исходные данные для расчетов получены из непрерывных видеонаблюдений за вулканом. Непрерывный, без пропусков, ряд наблюдений получен для последних четырех лет. При обработке видеоданных рассматривались два сценария эксплозивных событий: первый — для вертикальных газопирокластических струй, второй — для эруптивных колонн с горизонтальным шлейфом.

Для оценки тепловой мощности в первом случае, когда отсутствует ветер, применялись следующие соотношения:

$$Q = (\Delta h_T / 46)^4, \text{ при } \Delta h_T < 1 \text{ км}; \quad (1)$$

$$Q = (\Delta h_T / 28)^{3.5}, \text{ при } \Delta h_T = 1\text{--}10 \text{ км}, \quad (2)$$

где Δh_T — высота колонны над кратером, м.

При ветре восходящая конвективная колонна, достигнув определенной высоты, образует шлейф, который распространяется субгоризонтально на высоте Δh , при этом происходит более быстрое смешивание струи с воздухом, что не учитывается формулами (1), (2). Для расчета тепловой мощности в этом случае применялась формула, предложенная рабочей группой CONCAWE:

$$Q = 0.136 \Delta h^2 u^{1.5}, \quad (3)$$

где Q — тепловая мощность (кВт), Δh — высота средней линии шлейфа (м), u — скорость ветра на высоте шлейфа (м/с). Данные о скорости ветра выбирались с сайта метеорологической службы (weather.uwo.edu).

Оценка W — примерного расхода ювенильной пирокластики, вынесенной в секунду, производилась по номограмме С.А. Федотова [Федотов, 1982]. Для расчета объема вынесенной пирокластики применялась формула:

$$V = \Delta t W / \rho, \quad (4)$$

где V — объем пирокластики (м^3), Δt — промежуток времени, в продолжение которого происходило истечение струи (с), определялся по видеозаписи, W — примерный расход пирокластики в

секунду, находили по номограмме С.А. Федотова, $\rho = 1.57$ — плотность пирокластики на вулкане Шивелуч [Гирина, 1998].

Шкала расхода пирокластики в номограмме имеет логарифмическую зависимость, при которой $\lg Q$ (кВт) = 3 соответствует величина расхода 1 кг/с, а $\lg Q$ (кВт) = 9 соответствует величина 10^6 кг/с или 10^3 т/с. Тепловая мощность газопирокластических колонн в период 2015–2018 гг. находилась в интервале от $\lg Q$ (кВт) = 4 до $\lg Q$ (кВт) = 9. Суммарная тепловая мощность за 2015–2018 гг.: $Q = 63 \times 10^8$, кВт. Общий объем пирокластики, поступившей во время эксплозивных извержений за 4 года наблюдений (2015–2018 гг.), близок 0.007 км^3 . Следует отметить, что это — нижняя оценка, так как часть выбросов может быть пропущена из-за непогоды и другим причинам.

ВЫВОДЫ

Наблюдения последних лет показали, что за один цикл извержения на дневную поверхность может поступить от 50 до 350 млн м^3 вулканических продуктов: пирокластики, лавы, пепла (по данным извержений 1980–1981, 1993–1995, 2001–2021 гг.). Средний объем извергнутых продуктов за один цикл близок 200 млн т. При средней продуктивности вулкана 37 млн т/год на образование такого объема необходимо 5–6 лет. С такой частотой происходят извержения с объемом ~200 млн т.

Объемы изверженных продуктов во время мощных извержений (типа 1856 г. и 1964 г.) составляли от 1.5 до 5 млрд т соответственно. Для накопления такого объема ювенильных материалов должно пройти от 40 до 135 лет. После извержения 1964 г. прошло 57 лет. За минувшие годы внутрикратерное пространство постепенно заполняется новыми экструзивными образованиями. Несмотря на то, что периодически происходят межпароксизмальные извержения с разрушением этих новых образований, вероятность катастрофических извержений повышается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Влодавец В.И. Справочник по вулканологии. М.: Наука, 1984. 340 с.
- Гирина О.А. Пирокластические отложения современных андезитовых вулканов Камчатки и их инженерно-геологические особенности. Владивосток: Дальнаука, 1998. 173 с.
- Гирина О.А., Демянчук Ю.В., Мельников Д.В. и др. Пароксизмальная фаза извержения вулкана Молодой Шивелуч, Камчатка, 27 февраля 2005 г. (Предварительное сообщение) // Вулканология и сейсмология. 2006. № 1. С. 16–23.
- Горбач Н.В. Формирование экструзивного купола вулкана Шивелуч и состав его лав в 2004–2005 гг. // Мате-

риалы Международного симпозиума “Проблемы эксплозивного вулканизма”. К 50-летию катастрофического извержения вулкана Безымянный, 25–30 марта 2006 г. Петропавловск-Камчатский, 2006. С. 112–119.

Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В. и др. Состояние активных вулканов Камчатки по данным аэро съемочных облетов и фотограмметрической обработки снимков 2010 г. // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога “Вулканизм и связанные с ним процессы”. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 26–36.

Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. М.: Наука, 1991. 309 с.

Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В. Оценка объемов изверженных продуктов вулкана Безымянный за 1955–2009 гг. // Вулканология и сейсмология. 2011. № 2. С. 1–14.

Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В. Крупные эксплозивные извержения вулкана Шивелуч (Камчатка) с частичным разрушением экструзивного купола 28 февраля 2005 г. и 27 октября 2010 г. // Вулканология и сейсмология. 2013. № 2. С. 1–15.

Нуждаев А.А., Гирина О.А., Мельников Д.В. Некоторые результаты изучения пирокластических отложений извержений 28 февраля и 22 сентября 2005 г. вулкана Молодой Шивелуч наземными и дистанционными методами // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 2. Вып. 6. С. 62–66.

Озеров А.Ю., Гирина О.А., Жаринов Н.А. и др. Извержения вулканов Северной группы Камчатки в начале XXI века // Вулканология и сейсмология. 2020. № 1. С. 3–19.

Федотов С.А. Оценка выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3–28.

Федотов С.А., Жаринов Н.А., Двигало В.Н. и др. Эруптивный цикл вулкана Шивелуч в 2001–2004 гг. // Вулканология и сейсмология. 2004. № 6. С. 3–14.

Федотов С.А., Хубуная С.А., Жаринов Н.А. и др. Извержения вулканов Шивелуч и Ключевской в 1993 г. и их влияние на окружающую среду // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 8. С. 117–131.

The 2001–2021 Ongoing Eruptive Cycle of Shiveluch Volcano (Kamchatka)

N. A. Zharinov¹, *, Yu. V. Demyanchuk¹, and I. A. Borisov¹

¹*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, bulvar Piipa, 9, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006 Russia*

**e-mail: nzhar@kscnet.ru*

The paper present the data on Shiveluch Volcano (56.6° N, 161.4° E) activity during the new 2001–2021 eruptive cycle. We analyzed the growth of the new extrusive formations, revealed large explosive eruptions and their aftermath, discussed the plausible scenario for the Shiveluch Volcano catastrophic eruptions. Continuous four year long video observations of Shiveluch Volcano emissions resulted in assessment of its thermal power and pyroclastic material volume.

Keywords: Shiveluch volcano, extrusive eruption, spike, lava dome