

УДК: 551.21

ИСТОРИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА (о. МАТУА, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

© 2011 А.В. Дегтерев¹, А.В. Рыбин¹, Н.Г. Разжигаева²¹Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, 693022; e-mail: d_a88@mail.ru²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, 690041

Представлены данные об исторических извержениях одного из наиболее активных вулканов Курильской островной дуги – вулкана Пик Сарычева (о. Матуа, Центральные Курильские о-ва). Показано, что в течение рассматриваемого периода (~ 250 лет), деятельность вулкана характеризовалась непродолжительными терминальными извержениями эксплозивного и эксплозивно-эффузивного типа, при которых разгрузка вулканитов осуществлялась, главным образом, за счет пирокластических потоков и сопряженных с ними образований.

Ключевые слова: исторические извержения, Пик Сарычева, Курильские острова.

ВВЕДЕНИЕ

Пик Сарычева относится к числу наиболее активных вулканов Курильской островной дуги (Андреев и др., 1978; Главацкий, Ефремов, 1948; Горшков, 1948, 1967; Левин и др., 2009; Мархинин, 1964; Полонский, 1994; Сноу, 1992; Шилов, 1962). Интерес к его изучению резко возрос после крупного эксплозивно-эффузивного извержения 11-17 июня 2009 г., ставшего одним из наиболее «заметных» эруптивных событий на Курильских островах в течение исторического периода (Ганзей и др., 2010; Гришин, Мелекесцев, 2010; Левин и др., 2009, 2010б; Рыбин и др., 2010). Извержение 2009 г. сопровождалось выбросами большого количества тонкодисперсного пирокластического материала, который образовывал протяженные пепловые шлейфы, являющиеся, между тем, серьезной угрозой для воздушных судов. По данным (Salinas, 2009) при извержении влк. Пик Сарычева в 2009 г. было изменено 65 маршрутов, проходящих вдоль Курильских островов, 6 отклонены от курса, 2 борта вернулись в аэропорт отправления, кроме этого совершено 12 незапланированных посадок для дозаправки. Дополнительные затраты авиатранспорта от извержения вулкана оценены в 1.8 млн. долларов США (Salinas, 2009). Поступившие в результате эксплозивной деятельности вулкана сульфатные аэрозоли, могли оказать некоторое влияние на климат региона (Haywood et al., 2010).

Массовый выброс пирокластики в виде шлаковых пирокластических потоков и тефры, произвел значительный геолого-геоморфологический и экологический эффекты. Кардинальные изменения претерпела ландшафтная структура о. Мата: в пределах постройки влк. Пик Сарычева произошла полная перестройка ландшафтов, заметно преобразился облик прилегающих территорий (Ганзей и др., 2010).

Так как влк. Пик Сарычева проявляет высокую активность и эксплозивный характер деятельности, то не вызывает сомнений, что будущие извержения также будут представлять опасность для авиации и вызывать трансформации островной геосистемы. В этой связи, любая информация, способствующая лучшему пониманию особенностей извержений этого вулкана, представляет большую ценность.

Изучение исторических извержений является необходимым звеном в цепи исследований, касающихся реконструкции эруптивной деятельности действующих вулканов, поскольку их описания содержат детали, выявить которые при проведении тефрохронологических работ не представляется возможным. При этом необходимо отметить, что в ряде случаев описания извержений могут содержать ошибочные данные, поскольку их наблюдение и интерпретация увиденного производилась случайными очевидцами. Поэтому современная эруптивная летопись должна подвергаться

своеобразной «реvisions», направленной на ее правильное толкование, в соответствии с существующим в настоящее время уровнем вулканологических знаний. В отечественной литературе одной из первых работ, направленных на решение этой проблемы, является статья (Пийп, 1946). Впоследствии появился ряд публикаций сотрудников Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН (Белюсов и др., 2003; Мелекесцев и др., 1993, 1994, 2003, 2004), исследования которых опирались на результаты тефростратиграфических реконструкций.

В предлагаемой статье сделана попытка охарактеризовать современный эруптивный цикл влк. Пик Сарычева, выявить тип и основные особенности его извержений. Для достижения поставленной цели были привлечены литературные данные, содержащие описания исторических извержений этого вулкана, а также материалы оригинальных исследований авторов данной статьи.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА

Остров Матуа расположен в центральной части Курильской островной дуги (рис. 1). В плане он имеет форму вытянутого в субмеридиональном направлении эллипса. До извержения влк. Пик Сарычева в 2009 г. площадь острова составляла 52.5 км². К востоку от него расположен плоский о. Топорковый размером 1×1.4 км. Северо-западная часть о. Матуа занята постройкой влк. Пик Сарычева (абс. выс. 1446 м; координаты: 48.092° с.ш., 153.20° в.д.; синонимы названия (Gorshkov, 1958): Fue san, Matsuwa jima,

Matua jima).

Первые данные о морфологии вулкана в отечественной литературе содержатся в работах Г.С. Горшкова (1948, 1954, 1967), который первым выделил и описал основные элементы его строения – голоценовый внутрикальдерный конус Пик Сарычева и плейстоценовый вулкан Матуа с вершинной кальдерой, показав, таким образом, что вулкан построен по типу Сомма-Везувий. Также Г.С. Горшков составил подробную сводку его исторических извержений, используя при этом довольно редкие литературные источники. Более поздние работы Е.К. Мархинина (1968) и В.Н. Андреева с соавторами (1978) дополнили представленные данные по геологическому строению рассматриваемого района и вещественному составу пород.

Новый этап в изучении влк. Пик Сарычева наступил в 2006 г., и был связан с началом экспедиционных работ в рамках «Курильского Биоконплексного проекта: человеческая уязвимость и способность к восстановлению при субарктических изменениях» национального научного фонда США (NSF) ARC-0508109. В течение этих экспедиций, проходивших с 2006 по 2008 гг., были получены первые данные об активности вулкана в голоцене (Разжигаева и др., 2009). В 2009 г. работы по реконструкции эруптивной истории были продолжены, однако носили фрагментарный характер. В 2010 г. начались специальные тефрохронологические исследования с целью детального изучения истории формирования и динамики активности вулкана (Левин и др., 2010а).

Хотя Пик Сарычева относится к вулкану типа Сомма-Везувий детали его строения несколько затусованы. Сомма – плейстоценовый

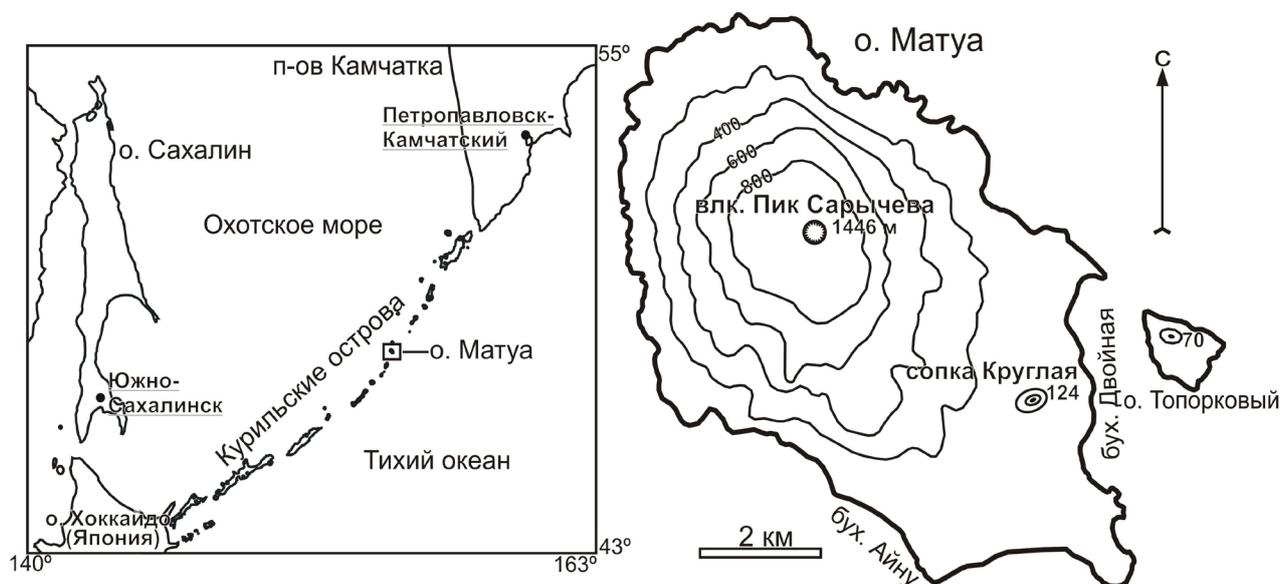


Рис. 1. Географическое положение о. Матуа с влк. Пик Сарычева.

влк. Матуа, кальдерообразующее извержение которого произошло, предположительно, в позднем плейстоцене (Горшков, 1954, 1967; Лаверов и др., 2005). Фрагменты его постройки сохранились только в юго-восточной части о. Матуа. Кальдера занята и в значительной степени перекрыта образованиями молодого конуса (Пик Сарычева) – существенно пирокластического стратовулкана с вершинным кратером (рис. 2). По современным данным, полученным в ходе тефрохронологических работ 2009-2010 г., было выяснено, что вулкан имеет позднеголоценовый возраст и возник всего ~ 500-600 лет назад (первым это предположил И.В. Мелекесцев) (Левин и др., 2010а). Породы, извергаемые вулканом на современном этапе, по своему составу соответствуют андезибазальтам (Андреев и др., 1978; Горшков, 1967; Федорченко и др., 1989).

ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В XVIII-XXI вв.

Начиная с 1760-х г., зафиксировано не менее 10 извержений влк. Пик Сарычева, наиболее изученными из них являются события 1946, 1960, 1976 и 2009 гг. (Андреев и др., 1978; Главацкий, Ефремов, 1948; Горшков, 1948, 1967; Гришин, Мелекесцев, 2010; Левин и др., 2009;

Мархинин, 1964; Рыбин и др., 2010; Шилов, 1962). Динамика этих событий, по сравнению с предшествующими извержениями, восстановлена сравнительно детально, а их последствия спустя непродолжительное время были изучены специалистами. Ход извержений 1946 и 1960 гг. реконструирован по опросу очевидцев (Главацкий, Ефремов, 1948; Шилов, 1962), извержение 1976 г. удалось наблюдать вулканологам – сотрудникам Института вулканологии (Андреев и др., 1978). Основные стадии извержения 2009 г. были отслежены посредством спутникового мониторинга группой SVERT (Sakhalin Volcanic Eruptions Response Team), действовавшей в сотрудничестве с AVO (Alaska Volcano Observatory). Далее приводятся описания исторических извержений влк. Пик Сарычева, дополненные, для большей точности, выдержками из соответствующих работ.

XVIII в. Извержение 1760-е гг.: сведения об этом извержении содержатся в описаниях казачьего сотника И. Черного, посетившего Курильские острова в 1766-1769 гг. Материалы, оставленные им, были опубликованы спустя столетие А.С. Полонским в «Записках Русского императорского географического общества», вышедших в 1871 г. В дальнейшем эта работа неоднократно переиздавалась, благодаря чему стала доступна широкой общественности.



Рис. 2. Пик Сарычева (вид с северо-запада), август 2010 г. (фото А.В. Рыбина).

В настоящей статье используются материалы Краеведческого бюллетеня (1994), опубликовавшего эти труды.

Непосредственным наблюдателем произошедшего извержения И. Черный не был. Об извержении он узнал из рассказов местных жителей, сообщивших, что «Сопка в недавних годах преужасно горела, причем по всему острову разметало камень так, что и летающих птиц во многом числе оными поубивало; на подножие сопки горы и камня. Лесу, кроме кедрового сланца, ольховника и рябинника небольшого, нет; коренья, кое там, как видно было, все выгорело и заматано камнем и ныне, хотя тех кореньев и сланца несколько имеется, но весьма мало...» (Полонский, 1994, стр. 71). Следы этого пароксизма отмечались также на соседнем острове Топорковом: «И островок выгорел и потому, как и на большом, по нем разметало камень; зверей на нем никаких не имеется» (Полонский, 1994, стр. 71).

Судя по приведенным описаниям, в 1760-х гг. имело место крупное эксплозивное извержение, возможно, эксплозивно-эффузивное, т.к. лавовые потоки могли быть не замечены или неупомянуты курильцами. Фигурирующие в сообщении «на подножие сопки горы и камня» (Полонский, 1994, стр. 71), по нашему мнению, соответствуют продуктам эксплозивной деятельности вулкана — отложениям пирокластических потоков и сопряженных с ними пирокластических волн. Несмотря на впечатляющие масштабы, описанного события, приводится информация о том, что «до 1770 г. на 12 — острове (о. Матуа — прим. авторов) оставалось на постоянном жительстве 200 человек обою пола сошлых со 2-го острова (о. Парамушир — прим. авторов)» (Полонский, 1994, стр. 71).

Крайне интересна оценка высоты вулкана Пик Сарычева, сделанная И. Черным: «...сопка Сарычева до 3 т. ф. (т.е. около 914.4 метров, прим. авторов) вышиною...» (Полонский, 1994, стр. 71). Приведенная величина в 1.5 раза меньше его современной отметки, учитывая возможную погрешность визуального определения высоты, указанные данные можно было бы считать ошибочными. Однако, как было показано ранее, в ходе тефрохронологических исследований последних лет, установлено, что Пик Сарычева относительно молодое сооружение: предположительный возраст стратовулкана — около 500-600 лет (Левин и др., 2010а). Поэтому есть все основания полагать, что двумя столетиями ранее высота вулкана действительно была несколько меньше.

Сделанные курильцами наблюдения за состоянием животного и растительного мира свидетельствуют о значительном влиянии

произошедшего извержения на состояние островной экосистемы. Судя по их описаниям, существовавшие в пределах действующего конуса и его подножья биоценозы были, по-видимому, полностью уничтожены.

Извержение 1760-х гг., является, возможно, самым сильным за исторический период.

XIX в. Извержение 1878-1879 гг.: краткое упоминание об этом извержении содержится в работе Г. Сноу, опубликовавшего в «Записках общества по изучению Амурского края» (1902) очерк о природе Курил. В основу работы были положены наблюдения, сделанные им во время промысла на островах летом 1878-1880 и 1883-1889 гг. В настоящем сообщении используются данные не оригинального источника, а также, как и в случае предыдущего описания, — Краеведческого бюллетеня (1992).

О произошедшем извержении Г. Сноу сообщает следующее: «Матуа и Чиринкотан в период моей с ними встречи были не так активны: они бесшумно изливали лаву, мирно стекающую по склонам в море» (Сноу, 1992, стр. 95). При каждом упоминании о. Матуа Г. Сноу отмечает эффузивный характер этого извержения влк. Пик Сарычева, противопоставляя его эксплозивной деятельности других курильских вулканов: «Из кратеров Чиринкотана и Матуа лава красноватого цвета изливается сравнительно спокойно, стекая вниз по склонам вулканического конуса. Наблюдение за остальными вулканами было затруднено плотной завесой черного дыма, тучами камней и пепла, поднимающимся на огромную высоту» (Сноу, 1992, стр. 94). Подобные описания встречаются в статье Г.С. Горшков (1948), который приводит данные из работы Д. Мильна (Milne, 1886) исследовавшего в 1877 г. вулканы Курильских островов. По сведениям Д. Мильна в 1878-1879 гг. на острове зимовал охотник, который сообщил, что «несколько раз наблюдал лавовые потоки, распространявшие в некоторых случаях шум и сопровождаемые землетрясениями» (Горшков, 1948, стр. 6; Milne, 1886).

Учитывая специфику извержений влк. Пик Сарычева представляется маловероятным проявление спокойной, чисто эффузивной деятельности. Возможно, что упоминаемый зимовщиком «шум», соответствовал вулканическим эксплозиям, которые могли остаться незамеченными ввиду неблагоприятных погодных условий. Судя по работе Г. Сноу (1992), его наблюдение за извержением было непродолжительным и поэтому могло совпасть с его эффузивной фазой, характеризующейся изливанием лавы. В связи с этим, авторы, с известной долей условности, относят извержение 1878-1879 гг. к разряду эффузивно-эксплозивных, как более харак-

терное новейшему этап эруптивной истории влк. Пик Сарычева.

Следует отметить, что Сноу, со ссылкой на Палласа, указывает на еще одно, судя по всему, эксплозивное извержение: «Паллас отмечал его активность, извержение камней и лавы. Сейчас выделяет пар, временами – незначительное количество лавы» (Сноу, 1992, стр. 97). Однако не вполне ясно, какое именно извержение имел ввиду Паллас: 1760-х гг. или же более позднее. Известно лишь, что этот исследователь в своей сводке (Pallas, 1783) опирался на данные Черного, Антипина и Шебалина (Горшков, 1948).

XX в. К сожалению, сведения об активности вулкана в период первой половины XX в. довольно ограничены, так как Курильские острова в то время находились под юрисдикцией Японии и все сводки о вулканической активности на Курилах японцы публиковали внутри своей страны. Имеются лишь краткие описания извержений в работах Г.С. Горшкова (1948, 1954, 1967), использовавшего данные Танакадате (1931) и Камио (1931), а также информация в (Извержение..., 1928).

Извержение 17-22 января 1923 г.: данных по этому извержению крайне мало, известно лишь, что отмечались «эксплозии с выбросом пепла и шлаков» (Горшков, 1967, стр. 102; Камио, 1931). Извержение 1923 г. не осталось незамеченным, но, вместе с тем не произвело ощутимого геологического эффекта. Поэтому можно предположить, что здесь имело место слабое эксплозивное извержение.

Извержение 14 февраля 1928 г.: сведения о нем также довольно ограничены, характеризуется как «внезапное эксплозивное извержение со взрывами и выбросами клубов дыма, сопровождаемыми ливнем бомб и лапилли в окрестностях кратера» (Горшков, 1948, стр. 6; Tanakadate, 1931). По сообщениям зимовщиков с о. Магуа оно началось в 6:30 и продолжалось до 18:00. Извержение представляло серию взрывов, происходивших через каждые 2 часа, и сопровождалось сильным грохотом. Вместе с пеплом выпадали обломки размером 5-10 см. По окончании активной фазы извержения вулкан находился в состоянии сильной фумарольной деятельности (Извержение..., 1928). Общая продолжительность извержения составила 11.5 часов, в течение которых произошло около 6 взрывов. О каком-либо ущербе или воздействии на природу не сообщается. По всей вероятности, извержение 1928 г. было сравнимо с извержением 1923 г., но несколько превосходило его.

Извержение 13 февраля 1930 г.: непродолжительное, но достаточно крупное эксплозивное извержение. Начавшись в 01:30 с «ужасного грохота», ознаменовавшего начало экспло-

зивной деятельности, в последующие 13 часов эруптивной активности произошло девять взрывов, в результате которых было выброшено «колоссальное» количество пирокластического материала (Горшков, 1948; Tanakadate, 1931). Конкретных оценок объема извергнутого вулканического материала не приводится, однако, описания его последствий свидетельствуют о значительном геолого-геоморфологическом эффекте: скопление пирокластики в южной части острова привело к некоторым изменениям в топографии острова, выразившимся в расширении береговой линии острова на 30 м; мощность пирокластики у подножия вулканического конуса в северо-восточной части достигала 3 м. Бухта, расположенная в юго-западной части острова, была полностью покрыта продуктами извержения (Горшков, 1948; Tanakadate, 1931). Согласно данным Г.С. Горшкова (1967) продукты извержения были представлены андезибазальтами (табл. 1).

Извержение 9-17 ноября 1946 г.: сильное эксплозивно-эффузивное извержение, ход и последствия которого восстановлены по опросным данным, собранным С.Н. Главацким – на Камчатке и Г.К. Ефремовым – на Сахалине (Главацкий, Ефремов, 1948; Ефремов, 1962).

Извержению предшествовало последовательное усиление сольфатарной деятельности вулкана, наблюдавшееся 7-8 ноября 1946 г. Первый выброс был зафиксирован 9 ноября в 17:00, когда над вулканом был замечен пепло-газовый столб черного цвета. После чего погодные условия ухудшились, и до наступления темноты вершина вулкана оставалась окутанной туманом. 10 ноября ощущались толчки, временами был слышен «подземный гул», а в 20:00 – «громовой раскат». Пепловый шлейф распространялся в восточном направлении. Кроме того, однократно отмечался непродолжительный пеплопад в южной части острова (выпавший пепел имел бело-серый цвет). 11 ноября временами слышался гул и «громовые раскаты», происходили выбросы раскаленного обломочного материала, бомбы вылетали на высоту до 100 м. С такой силой извержение продолжалось до утра следующего дня. 12 ноября весь день слышался гул и рокот, ощущались небольшие землетрясения. Существенно увеличился объем выбрасываемого пепла, который переносился ветром в восточном направлении. Около 22:00 извержение перешло в пароксизмальную фазу – произошел взрыв, поднявший эруптивную колонну на высоту 7000 м. Высота выбросов бомб достигала 200 м. Помимо увеличения количества поступающего материала, увеличилась его размерность – в бух. Двойная выпадал мелкий песок серого цвета. В ночь с 12 на 13 ноября

Таблица 1. Состав лав и пирокластики некоторых исторических извержений влк. Пик Сарычева (мас. %).

Дата	1930		1946			1960	1976				2009		
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
SiO ₂	53.4	50.85	53.84	52.95	53.6	54.82	54.72	54.76	53.22	54.04	54.41	54.85	
TiO ₂	1.09	1.07	0.96	0.8	0.93	0.88	0.93	0.93	0.85	0.87	0.88	0.93	
Al ₂ O ₃	19.14	18.88	18.58	19.14	16.3	18.02	18.1	18.16	17.95	18.27	18.23	17.78	
Fe ₂ O ₃	2.64	4.83	4.43	3.93	3.71	3.76	4.31	4.2	4.75	9.61	9.74	9.3	
FeO	5.76	5.06	4.26	5.76	4.47	5.14	4.68	4.74	5.08				
MnO	0.28	0.42	0.22	0.18	0.11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
MgO	4.42	4.38	3.96	3.65	3.83	3.74	3.7	3.75	4.13	4.16	4.12	3.86	
CaO	8.7	9.3	8.91	8.8	7.89	8.76	8.82	8.72	9.24	9.17	9.1	8.91	
Na ₂ O	3.22	2.88	3.24	3.23	2.95	3.06	3.18	3.13	2.98	2.97	2.84	3.25	
K ₂ O	1.08	0.99	1.06	0.93	0.22	1.06	1.1	1.15	1.06	0.91	0.93	1.02	
P ₂ O ₅	0.21	0.1	0.08	0.07	0.17	0.36	0.3	0.36	0.48	0.21	0.21	0.23	
H ₂ O ⁺	0.11	0.27	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O ⁻	0.06	0.18	0.06	-	-	0.27	0.25	0.24	0.21	-	-	-	
H ₂ O	-	-	-	0.13	1.01	-	-	-	-	-	-	-	
ппп	-	-	-	-	3.68	-	-	-	-	-	-	-	
Сумма	100.11	100.35	99.61	99.57	100.38	100.07	100.29	100.34	100.15	100.52	100.76	100.33	

Примечание. Все анализы, кроме № 12, приводятся по литературным данным: 1 – вулканическая бомба 1930 г. (Горшков, 1967); 2 – заполнитель пирокластического потока 1946 г. (Горшков, 1967); 3 – вулканическая бомба 1946 г. (среднее из двух анализов (Горшков, 1967)); 4 – материал пирокластических потоков 1946 г. (?) (Федорченко и др., 1989); 5 – вулканический песок 1960 г. (Шилов, 1962); 6. Лава 1976 г. (Андреев и др., 1978); 7 – лава 1976 г. (Андреев и др., 1978); 8 – вулканическая бомба 1976 г. (Андреев и др., 1978); 9 – вулканический пепел 1976 г., (Андреев и др., 1978); 10 – вулканическая бомба 2009 г., Университет Аляски (г. Фэрбэнкс, США) (Rybin et al., 2011); 11 – вулканическая бомба 2009 г., Университет Аляски (г. Фэрбэнкс, США) (Rybin et al., 2011); 12 – лава 2009 г. (аналитики Горбач Г.А., Ткалина Е.А., Хуркало Н.В., ДВГИ ДВО РАН).

наступила кульминация извержения. Последовательно произошло не менее 5 сильных взрывов: 02:00 – первый взрыв, после которого извержение продолжалось с умеренной силой; 07:00 – второй взрыв, ощущалось сильное сотрясение острова, по его прошествии слышался десятиминутный грохот, после чего вновь наступил период покоя; 07:40 – третий взрыв, сопровождаемый двадцатиминутным грохотом, за которым опять последовал тридцатиминутный перерыв в эруптивной активности; 09:00 – четвертый взрыв, с последующим тридцатиминутным непрерывным грохотом; 10:00 – пятый взрыв, после которого напряженная эксплозивная фаза, сопровождаемая массовым выбросом пирокластического материала, продолжалась до 15 ноября. По наблюдениям очевидцев шлейф пепла распространялся преимущественно в восточном направлении. Интенсивные пеплопады происходили на островах, расположенных к северу от о. Матуа. Северная граница распространения пепла доходила до Камчатки. В г. Петропавловск-Камчатский выпадение пепла наблюдалось утром 14 ноября, и к вечеру

все окрестности города оказались покрыты его тонким слоем. Также значительное количество пепла отложилось на западном побережье Камчатки в районе Большерецка и южнее.

В перерывах между взрывами началось излияние лавовых потоков, которые впервые были замечены 13 ноября: с 06:00 лавовые потоки спускались по юго-западному, а с 09:00 до 14:00 – по северо-западному склону вулкана. При этом последний поток пересек урез воды, в результате чего образовалось три новых мыса. Кроме того, лавовые потоки были зафиксированы на восточном склоне конуса. Излияние лавы наблюдалось также 14 ноября, но уже в заметно меньших масштабах. Эксплозивная деятельность в этот период, как было показано ранее, напротив – нарастала.

15 ноября эруптивная активность вулкана резко пошла на убыль: взрывы не фиксировались, выделение пепла резко уменьшилось. 16 и 17 ноября ощущались небольшие подземные толчки.

В (Главацкий, Ефремов, 1948) Г.К. Ефремов приводит информацию о появлении ради-

альных трещин на западном и восточном склоне постройки, вдоль которых происходили извержения из серии паразитных кратеров. Однако ни в ходе полевых исследований, ни при дешифрировании данных дистанционного зондирования, наличия подобных образований не выявлено. Кроме того, установлено, что в течение исторического периода влк. Пик Сарычева характеризовался исключительно терминальными извержениями. Скорее всего эти взрывы имели фреатический механизм и происходили в результате контакта раскаленного пирокластического и/или лавового материала со снежниками, покрывающими склоны вулкана. Взрывы аналогичной природы были зарегистрированы в декабре 1985 г. на влк. Ключевской, когда излияние лавовых потоков по Крестовскому желобу, заполненному ледником, произвело серию довольно сильных фреатических взрывов (Жаринов и др., 1988). Ошибочными, по нашему мнению, являются также некоторые детали описания извержения, связанные с наблюдением излияния лавовых потоков: «Отдельными огненными языками она (лава, прим. авторов) несколько раз выплескивалась из кратера и скатывалась вниз по склонам» (Главацкий, Ефремов, 1948, стр. 10). Эффузивная деятельность Пика Сарычева, как правило, характеризуется относительно медленным (десятки, сотни м/сутки) излиянием лавовых потоков, заполняющих пониженные участки вулканического конуса. В этой связи представляется маловероятным описываемое «выплескивание» и «скатывание» лавы. Судя по всему, в данном случае имели место не лавовые, а пирокластические потоки. Схожая картина наблюдалась и при извержении влк. Авачинский в 1901, 1909 и 1938 гг., в связи с чем эти извержения первоначально считались эффузивными (Пийп, 1946). Исследования Б.И. Пийпа (1946), изучавшего последствия этих извержений, не подтвердили факта излияния лавы, что было подтверждено и более поздними работами (Мелекесцев и др., 1993, 1994). За лаву очевидцы приняли пирокластические потоки, впоследствии описанные Б.И. Пийпом и названные им «раскаленными агломератовыми потоками» (Пийп, 1946). Аналогичные доводы приводил Г.С. Горшков (1954), описывая последствия извержения влк. Пик Сарычева, считавший, что о «потоках лавы» и «трещине» очевидцы упоминали ввиду неправильно истолкованного, «сравнительно редкого явления раскаленных лавин» (Горшков, 1954, стр. 83).

По сведениям С.Н. Главацкого (Главацкий, Ефремов, 1948) в период кульминационной фазы извержения были отмечены «большие водяные валы, идущие со стороны моря», однако, данные второго корреспондента (Г.К. Ефремова) не

подтверждают этого. Цунами, вызванные вулканическими извержениями, довольно распространенное явление. Они отмечались при извержении влк. Пик Севергина (о. Харимкотан) в 1933 г. (Горшков, 1967; Миятаке, 1934), в результате частичного обрушения его постройки. Авторами предполагается, что небольшое цунами имело место при извержении влк. Пик Сарычева в 2009 г. Поэтому, на наш взгляд, вполне вероятно, что поступление больших масс пирокластического материала в прибрежную акваторию о. Матуа, во время извержения вулкана в 1946 г., также могло спровоцировать подобное явление.

Сильное эксплозивно-эффузивное извержение 1946 г. вызвало существенные изменения в природе о. Матуа. Скопление пирокластического материала в прибрежье острова привело к локальным расширениям береговой линии. Участки новообразованной суши были обнаружены очевидцами в северо-восточной, северо-западной и юго-западной частях острова. Несколько новых мысов образовали лавовые потоки. Юго-восточная половина острова была покрыта слоем пепла мощностью от 1 до 10 см. В северной части бух. Двойная происходило выпадение довольно крупных, раскаленных бомб. В результате бомбопада часть построек, расположенных ближе всего к вулкану, была пробита и сожжена. Г.С. Горшков (1954), поднимавшийся к кратеру вулкана 28 августа 1946 г., отметил некоторые изменения в его морфологии, вызванные извержением 9–17 ноября 1946 г. По его словам «кратер вулкана в результате извержения значительно расширился, а края его стали неровными, «рваными»» (Горшков, 1954, стр. 83). Пирокластические продукты извержения по своему составу соответствовали базальтам и андезибазальтам (табл. 1).

Фитоценозы, занимающие пониженные участки конуса были уничтожены и погребены под толщей вулканитов. В значительной степени пострадала растительность, покрывающая восточные, северо-восточные, западные и северо-западные склоны вулкана, мощность которых выпавшего пепла достигала 15 см.

По суммарному геолого-геоморфологическому и экологическому эффекту, извержение 1946 г. относится нами к разряду сильнейших современных извержений влк. Пик Сарычева.

Следует отметить, что в работе (Ефремов, 1962) автор, со слов жителей о. Матуа, сообщает об активизации вулкана в марте 1946 г.: «...сопка пыталась извергаться. Но словно духу у нее не хватило...» (Ефремов, 1962, стр. 191). В сводке (Горшков, 1954), рассматриваемый эпизод характеризуется выделением значительного количества пепла.

Извержение 1954 г.: сведения об этом извержении весьма ограничены, упоминание о нем содержится в работах Г.С. Горшкова (1967) и В.Н. Шилова (1962). Из имеющихся описаний можно заключить, что в конце лета и осени 1954 г. имела место небольшая эксплозивная активизация вулкана, выразившаяся в серии слабых пепловых выбросов. Кроме того, отмечалось свечение над кратером, свидетельствующее о поступлении лавы, однако ее излияния так и не произошло. Поднявшись, она застыла в виде жерловой пробки, представляющей собой слабо-выпуклый щит лавы, покрытый сетью трещин (Горшков, 1967; Шилов, 1962).

Извержение 30 августа–3 сентября 1960 г.: описание последствий этого извержения приводится в работе В.Н. Шилова (1962). Непосредственным наблюдателем извержения он не был, поэтому сведения о его динамике основываются преимущественно на опросных данных.

Перед извержением вулкан находился в состоянии обычной фумарольной активности, однако, 29 августа, за сутки до начавшегося извержения, было замечено усиление парогазовой эмиссии. Подобная ситуация сохранялась до начала активной фазы извержения. 30 августа в 13:00 (время местное) произошел сильный взрыв, поднявший эруптивную колонну на высоту 4500 м (рис. 3а, б, в). Оставаясь в течение нескольких минут в вертикальном состоянии, верхняя часть колонны начала трансформироваться в пепловый шлейф, распространяющийся

в восточно-северо-восточном направлении. После чего начался пеплопад, продолжавшийся около часа. Вначале выпадал шлакоподобный вулканический песок размером 1-3 мм, позднее – более мелкий материал. Очевидцы зафиксировали важную деталь: первоначально выпавший пепел имел коричневую окраску, а позже стал выпадать серый. Коричневый пепел, вероятно, представлял собой резургентный материал, образованный при дроблении пород жерловой фации в процессе прочистки подводящего канала вулкана на начальном этапе извержения. Пепел серого цвета состоял также из резургентных обломков, но, по-видимому, содержал примесь ювенильной компоненты. Данное предположение, в некоторой степени, подтверждается результатами изучения минерального состава пеплов, отобранных после первого взрыва и спустя несколько дней после извержения (Шилов, 1962).

По сообщениям местных жителей 30-31 августа отмечалось слабое свечение над кратером. 31 августа эруптивная активность вулкана сохранялась в виде небольших выбросов на высоту до 500 м. В последующие дни – 1, 2, 3 сентября вулкан находился в состоянии сильной парогазовой активности. Клубы фумарольных газов имели темную окраску, указывающую на примесь пеплового материала. В последующие дни вулкан был закрыт облачностью, признаков активизации не наблюдалось. Вулкан открылся лишь 8 сентября, при этом состояние его фума-

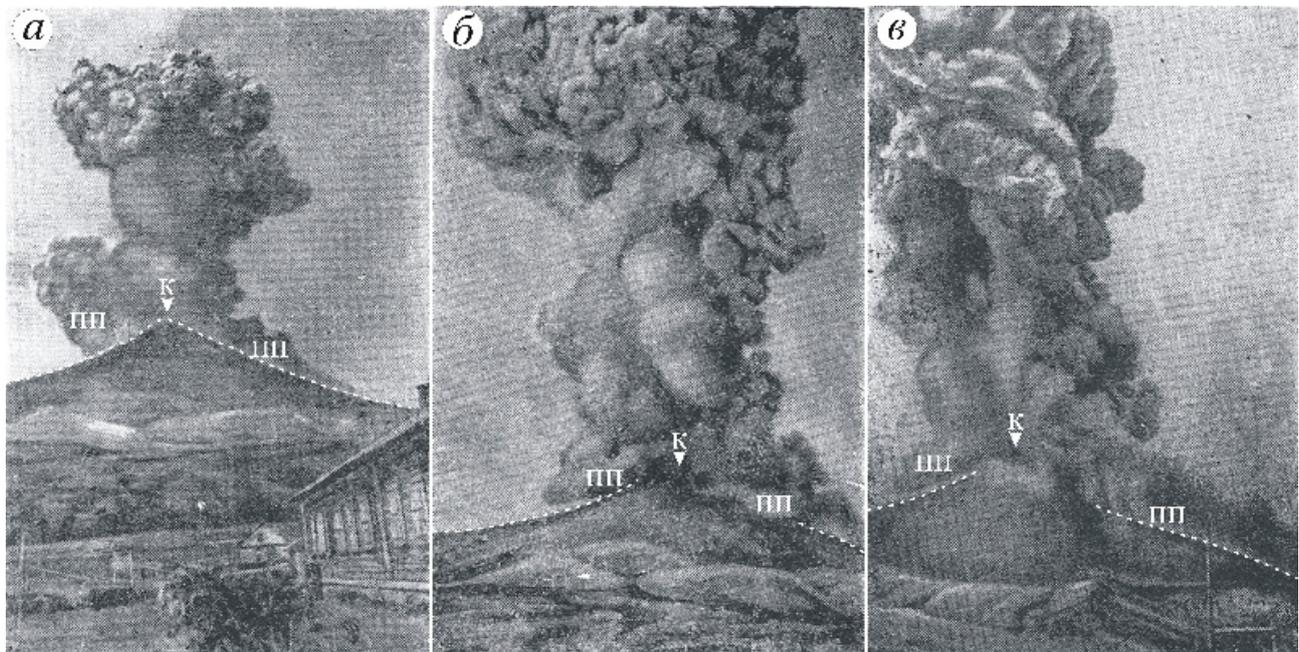


Рис. 3. Извержение влк. Пик Сарычева в 1960 г. (фотоматериалы из работы (Шилов, 1962): а – начальный момент извержения (фото В.В. Брага); б – спустя некоторое время после первого взрыва (фото А.В. Галюкова); в – сход пирокластических потоков по склонам постройки (фото А.С. Иванова). Используемые сокращения: К – кратер; ПП – пирокластические потоки. Из-за низкого качества снимков склоны вулканического конуса очерчены пунктирной линией.

рольной деятельности не отличалось от такового до извержения. Подобная ситуация наблюдалась и 11 сентября, во время изучения его последствий В.Н. Шиловым (1962).

В результате извержения вся юго-восточная часть острова оказалась покрытой сплошным слоем пепла. На расстоянии 5-6 км от кратера мощность выпавшего пепла достигала 2 мм. Гранулометрический состав пепла отвечал средне- и мелкозернистому песку, химический состав – андезибазальтам (табл. 1). В непосредственной близости от кратера отложился материал глыбовой размерности, представленный угловатыми обломками измененных вулканитов. Изрядным количеством пирокластики покрылись северные и южные склоны вулкана, где была замечена деятельность вторичных фумарол (Шилов, 1962).

Кратер вулкана, по состоянию на 26 сентября 1960 г., по данным Е.К. Мархинина (1964) представлял собой крутостенный колодец диаметром около 200-300 м и глубиной такого же порядка (диаметр был определен визуально, а глубина – по скорости падения брошенного камня) (Мархинин, 1964). Исследования осложняла интенсивная фумарольная активность вулкана и туман, поэтому установить детали его строения не удалось. Тем не менее, из приведенного описания можно заключить, что кратер вулкана после произошедшего извержения оставался открытым.

В момент первого взрыва происходило сотрясение острова, ощущаемое на расстоянии 5 км от кратера вулкана. Кроме того, выброс произвел заметный ударно-волновой эффект, о мощности которого можно судить по описанию произошедших разрушений: «... в соседних деревянных домах вылетело несколько больших оконных стекол, часть из них растрескалась; во многих местах разорвались бумажные обои, которыми были обклеены в жилых домах внутренние перегородки» (Шилов, 1962, стр. 144). Интересно отметить своеобразный предвестник извержения – за 1.5-2 мин. до начала извержения в работающих радиоприемниках начались помехи, полностью нарушившие нормальную работу этих устройств.

В статье (Шилов, 1962) также упоминается о пепловых выбросах вулкана, происходивших в зимнее время года в количестве 4-5 раз. Автор упомянутой работы предполагал, что подобные выбросы происходили и летом, но были не замечены вследствие слабого контраста пепловых частиц с местностью. Последний из подобных выбросов был зафиксирован жителями в феврале 1960 г., т.е. до рассматриваемого извержения.

Извержение 23 сентября–2 октября 1976 г.: единственное историческое извержение влк. Пик

Сарычева, которое удалось наблюдать вулканологам. Его динамика и последствия рассмотрены в работе (Андреев и др., 1978), данные которой приведены в настоящей статье. По сообщению жителей острова извержению предшествовало усиление фумарольной деятельности и повышение количества землетрясений. Извержение началось 23 сентября в 09:20 (время камчатское) с серии эксплозий, разрушивших лавовую пробку. Эруптивная колонна первого выброса имела белый цвет, последующие – серого и темно-серого. С 09:20 до 12:50 произошло семь выбросов на высоту от 500 до 2500 м. В 13:01 произошел взрыв, поднявший пепло-газовый столб черного цвета на высоту 1500 м, после чего последовала напряженная эксплозивная деятельность, состоящая из серии практически непрерывных выбросов. Вулканические бомбы, имевшие средний размер 20-30 см, откладывались преимущественно в пределах верхней трети конуса, некоторые из них были встречены у подножья постройки. По северо-западным и западным склонам конуса сходили пирокластические потоки, выжигавшие почвенно-растительный покров. Пепловый шлейф протягивался на 300 км в северо-северо-восточном направлении, в юго-восточной части острова выпал лишь тонкий пепел. В таком режиме вулкан продолжал работать до 16:00 26 сентября, после чего началось наполнение кратера лавой.

Свечение над кратером, наблюдавшееся вечером 26 сентября, ознаменовало переход извержения в эффузивную стадию. В последующие дни (с 26 сентября по 2 октября) кратер вулкана заполнялся лавой, а 2 октября началось ее излияние. Лавовые потоки спускались по западному, юго-западному и северо-западному склонам постройки. Первые два (западный и юго-западный) перешли береговую линию острова, образовав два новых мыса. Эффузивная стадия была непродолжительной, в тот же день излияние лавы практически прекратилось. Объем лавового материала, по оценке В.Н. Андреева с соавторами (1978), составил около 0.008 км³. Кратер вулкана (по результатам глазомерной съемки 10 октября 1976 г.) имел глубину 50-70 м и диаметр ~ 200 м, причем его центральная часть продолжала опускаться. В ночь с 15 на 16 октября 1976 г. над кратером наблюдалось свечение. Ювенильные продукты извержения были представлены андезибазальтами (табл. 1).

По данным SEAN Bulletin (Scientific Event Alert Network Bulletin), публикуемого Смитсоновским институтом (США) в 1986 и 1989 гг., соответственно, зафиксировано два эпизода активизации вулкана (<http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=0900-24=&volpage=var>).

1986 г.: в ежемесячном отчете за 1987 г. сообщалось об эффузивно-эксплозивном извержении, произошедшем осенью 1986 г. (информация для SEAN была предоставлена Г.С. Штейнбергом и Б.Н. Пискуновым). По этим данным в сентябре 1986 г. работники метеостанции на о. Матуа сообщили о сильном серном запахе. В результате облета, произведенного 2 ноября 1986 г., было замечено, что из большей части кратера выходил газ. При этом наиболее интенсивно фумарольная деятельность проявлялась в его центральной и западной частях. Кроме того, сообщалось о том, что «на 100-150 м от южной части кратера протянулся черный, свободный от снега лавовый поток». Много мелких фумарол было расположено в юго-восточной части кратера и в фронтальной части лавового потока. Из самого лавового потока выходов газа не наблюдалось. Следы пепла, который выпал до сентября 1986 г., были замечены на покрытых снегом склонах кратера. При этом постоянный снежный покров на вулкане отсутствовал.

Полевые исследования и анализ спутниковых снимков позволяют усомниться в эффузивном характере этого извержения, что в определенной степени подтверждается особенностями современной эруптивной деятельности влк. Пик Сарычева. Поэтому фигурирующий в сообщении «черный, свободный от снега лавовый поток», скорее всего, относится к более раннему извержению, возможно 1976 г. Судя по приведенным данным, извержение 1986 г. было чисто фреатическим.

1989 г.: эксплозивное извержение в середине января; на снегу были видны полосы выпавшего пепла (информация для SEAN была предоставлена Г.С. Штейнбергом). В отчете сообщалось о пепловом извержении, зарегистрированном 14 января в 11:36. Во время облета между 12:20 и 12:50 вершина вулкана была окутана облаками, которые располагались на высоте 1300-1800 м. Эруптивной колонны, возвышающейся над облачностью, не наблюдалось. На покрытых снегом северном и северо-восточном склонах конуса, были отмечены две узкие серые полосы пепла, свидетельствующие о том, что пепловая эксплозия произошла в предыдущий день. Активность сопровождалась серией ощутимых землетрясений, зафиксированных 5-12 января. Эпицентры некоторых сильных землетрясений ($M \leq 6.2$) находились в районе о. Симушир, расположенного к юго-западу от о. Матуа.

Данный эпизод, по-видимому, в целом был аналогичен предыдущим: выброс пепла имел фреатический механизм и произошел в результате таяния снега с последующим заполнением водой подводного канала, далее – по известному, в подобных случаях, сценарию. На наш

взгляд подобную природу также имели пепловые выбросы, упоминаемые в работах В.Н. Шилова (1962) и Ю.К. Ефремова (1962).

XXI в. Извержение 11-17 июня 2009 г.: одно из самых ярких событий в современной эруптивной летописи вулканов Курильской гряды, являющимся, вместе с тем, наиболее изученным извержением этого вулкана (Гришин, Мелекесцев, 2010; Левин и др., 2009; 2010б; Рыбин и др., 2010; Rybin et al., 2011).

Ввиду того, что характеристика этого извержения подробно изложена в перечисленных недавних публикациях, в данной работе остановимся лишь на его главных особенностях.

Крупное эксплозивно-эффузивное извержение влк. Пик Сарычева 11-17 июня 2009 г. стало первым извержением на Центральных Курилах в XXI в. Начальные признаки его подготовки были зафиксированы SVERT: на спутниковых снимках NOAA (спектрорадиометр AVHRR) и Terra (спектрорадиометр MODIS) за 11 июня 2009 г. была выявлена термальная аномалия, свидетельствующая об усилении фумарольной активности (Рыбин и др., 2010). Дальнейший мониторинг эруптивного процесса осуществлялся также на основе данных дистанционного зондирования.

Суммарный объем вулканитов, выброшенных в течение активной фазы извержения (11-17 июня 2009 г.), составил, по разным оценкам, от 0.1-0.2 (Гришин и др., 2010) до 0.2-0.4 км³ (Левин и др., 2010б; Рыбин и др., 2010). Эруптивные тучи, по данным Токио VAAC (Volcanic Ash Advisory Center), поднимались на высоту 8-16 км, а шлейф вулканического пепла простирался в западном и северо-западном направлении на 1.5 тыс. км, в восточном и юго-восточном – более чем на 3 тыс. км, что соответствует сектору покрытия от Амурской области до п-ова. Аляска. Впервые за исторический период были зарегистрированы пеплопады на территории о. Сахалин и Хабаровского края. Поступление большого количества пирокластического материала в прибрежную акваторию привело к увеличению площади островной суши на 1.1 км² (2.09%). По северному и северо-восточному склону вулкана излилось два узких лавовых потока (Гришин, Мелекесцев, 2010; Левин и др., 2010а). Продукты извержения были представлены андезибазальтами (табл. 1) (Rybin et al., 2011).

Произошедшее извержение, как и предшествующие события, характеризовалось высокой эксплозивностью, при которой выбрасываемый вулканом материал формировал многочисленные пирокластические потоки. Процесс их образования был запечатлен на фотоснимках, сделанных астронавтами МКС (рис. 4). Отложения пирокластических потоков



Рис. 4. Эксплозивная деятельность влк. Пик Сарычева. На снимке видна эруптивная колонна, поднимающаяся на высоту нескольких километров, и пирокластические потоки, движущиеся по склонам вулкана, 13 июня 2009 г. (опубликовано Earth Sciences and Image Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center, <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=38985>).

были изучены спустя 10 дней после окончания активной фазы извержения. В ходе исследований кроме отложений пирокластических потоков были диагностированы все основные типы сопряженных с ними фаций (в соответствии с классификацией из работы (Fisher, Schminke, 1984): отложения приземной пирокластической волны (ground surge); отложения волны пеплового облака (ash cloud surge); отложения пепловых облаков пирокластического потока (ash cloud of pyroclastic flow); тефра (tephra fall) (рис. 5). Для идентификации отложений использовались методы, основанные на стратиграфических и структурно-текстурных особенностях пирокластике, а также специфике их гранулометрического состава (в соответствии с методикой из работы (Гирина, 1998). Тефра извержения 2009 г. была представлена разностями двух типов: пеплом коричневого и

серого цветов с четким контактом между ними. В гранулометрическом отношении пеплы соответствовали алевропелиту, с примесью мелкозернистого песка. При этом серый пепел был несколько крупнее коричневого. Существование пеплов двух генераций отмечено также при извержении 1960 г. (Шилов, 1962).

ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В КАТАЛОГАХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ МИРА

Каталогизация вулканических извержений и создание непрерывной эруптивной летописи вулканов – необходимое условие познания пространственно-временных закономерностей проявления вулканизма. В этой связи весьма важно, чтобы каталоги содержали, насколько это возможно, объективные данные.

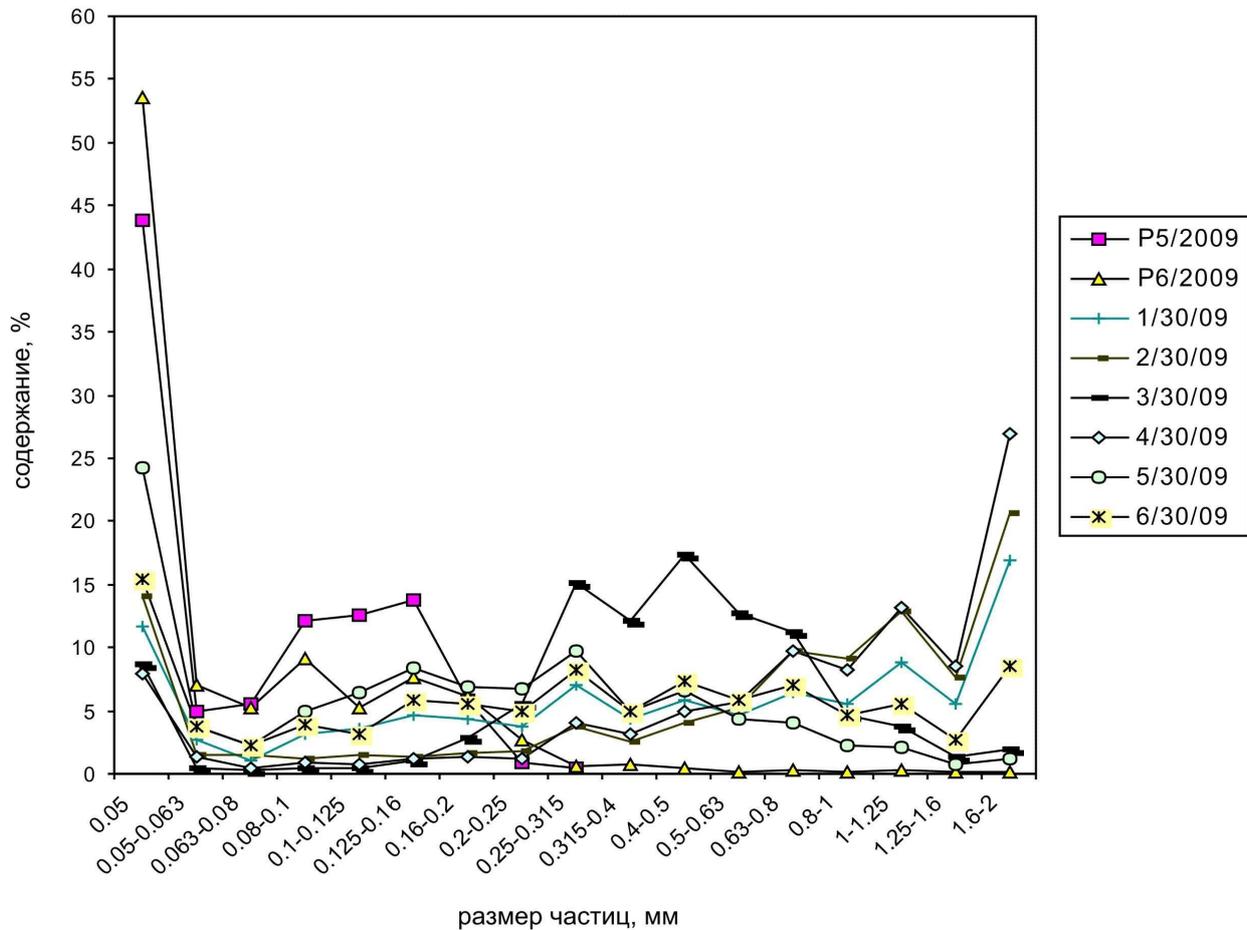


Рис. 5. Гранулометрический состав пирокластических отложений влк. Пик Сарычева: P5/2009 – серый пепел; P6/2009 – коричневый пепел; 1/30/09 – пирокластический поток; 2/30/09 – пирокластический поток; 3/30/09 – приземная пирокластическая волна; 4/30/09 – пирокластический поток; 5/30/09 – волна пеплового облака; 6/30/09 – пирокластический поток.

В каталоге (Гущенко, 1979) из 9 исторических извержений влк. Пик Сарычева (по состоянию на 1979 г.), рассмотренных в данной статье, содержится 8 – отсутствует извержение 1923 г. При этом в каталог (Гущенко, 1979) добавлено «лишнее» извержение 9 декабря 1965 г. – слабые эксплозии из центрального кратера. Источник информации об извержении неизвестен, так как ссылка на него отсутствует.

Более поздний каталог (Simkin, Siebert, 1994) содержит 12 извержений вулкана: помимо извержения 1965 г., в него включено извержение 1805 и 1927 гг., однако, каких-либо характеристик, кроме VEI (Volcanic Explosive Index) = 2? для извержения 1927 г., не приводится.

По мнению авторов, выявленные несоответствия обусловлены тем, что в эти годы (1805, 1927, 1965 гг.) на вулкане фиксировались признаки повышенной активности (усиление фумарольной деятельности, фреатические выбросы), но были неправильно поняты наблюдателями или/и искажены в последующих работах, вследствие чего эти эпизоды вошли в каталоги как извержения. Предположение подтверждается примером

«извержения» 1805 г. В работе (Горшков, 1948) изложены наблюдения Г. Лангсдорфа (Langsdorf, 1812) – участника кругосветной экспедиции И.Ф. Крузенштерна, который охарактеризовал состояние вулкана в мае 1805 г. следующим образом: «...пик почти весь день дымил и выпускал светлый или желто-серый дым...» (Горшков, 1948, стр. 5). Маловероятно, что исследователь ограничился бы столь лаконичным описанием, если стал свидетелем «настоящего» извержения.

Кроме того, обнаружены существенные различия в оценке главного показателя силы извержения (VEI) для достоверно установленных извержений влк. Пик Сарычева из каталога (Simkin, Siebert, 1994) и оцененного нами (табл. 2). При этом в некоторых случаях в (Simkin, Siebert, 1994) встречаются как явно завышенные, так и заниженные показатели. Небольшое эксплозивное извержение 1960 г. в оценивается VEI = 3, а явно превосходящее его событие 1760-х, возможно самое сильное историческое извержение влк. Пик Сарычева, VEI = 2?. В целом можно отметить несколько завышенный показатель VEI из каталога (Simkin, Siebert, 1994) по сравнению с

оценкой авторов, особенно в отношении слабых взрывных извержений (табл. 2).

Каталоги вулканических извержений постоянно совершенствуются и пополняются новыми данными. Сравнение современных каталогов с предшествующими свидетельствует об увеличении общего количества активных вулканов и их сильных извержений в прошлом (Пономарева, 2010). Тем не менее, в некоторых случаях может иметь место и обратный процесс.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Начиная с середины XVIII века в исторических хрониках (Андреев и др., 1978; Горшков, 1948, 1967; Левин и др., 2009; Мархинин, 1964; Полонский, 1993; Сноу, 1992; Шилов, 1962) зафиксировано и описано, с разной степенью детальности, 10 извержений влк. Пик Сарычева: в 1760-х, 1878-1879, 1923, 1928, 1930, 1946, 1954, 1960, 1976, 2009 гг. (рис. 6). Все они были терминальными и, как правило, непродолжительными (первые часы, дни). Характер деятельности Пика Сарычева преимущественно взрывной и взрывно-эффузивной – от слабых взрывов типа Вулкано, до мощных пароксизмов субплинианского типа. Главная особенность современных извержений влк. Пик Сарычева – их высокая взрывность, при которой выбрасываемый вулканом обломочный материал формирует пирокластические потоки.

В продуктах извержений Пика Сарычева преобладает пирокластика. Доля лавового материала резко подчинена. Пирокластические образования представлены практически полным набором фаций, типичных для современных

Таблица 2. Показатели VEI для достоверно установленных извержений влк. Пик Сарычева.

№	Дата (г.)	VEI (1)	VEI (2)
1	1760-е	2?	3-4
2	1878-1879	2	1
3	1923	2	1
4	1928	2	1-2
5	1930	3	2-3
6	1946	4	3
7	1954	2	1
8	1960	3	1-2
9	1976	2	2

Примечание. Извержение 2009 г. в таблицу не включено. (1) – данные каталога (Simkin, Siebert, 1994). (2) – оценка авторов, основанная на литературных данных (Андреев и др., 1978; Главацкий, Ефремов, 1948; Горшков, 1948, 1954, 1967; Полонский, 1994; Сноу, 1992; Шилов, 1962).

взрывных извержений андезитовых вулканов (отложения пирокластических потоков и волн, пеплов облака потока). Породы, извергаемые вулканом на современном этапе отвечают андезибазальтам со средними содержаниями $\text{SiO}_2=53.78\%$, $\text{Na}_2\text{O}=3.07\%$, $\text{K}_2\text{O}=0.96\%$ (табл. 1).

Рассмотрев, в общих чертах, новейший этап эруптивной истории влк. Пик Сарычева, последовательность событий при его умеренных и сильных извержениях можно представить следующим образом. Примерно за 1-2 дня до начала активной фазы извержения заметно усиливается сольфатарная деятельность вулкана. Подобное явление отмечено перед извержениями 1946 (Главацкий, Ефремов, 1948), 1960 (Шилов, 1962),

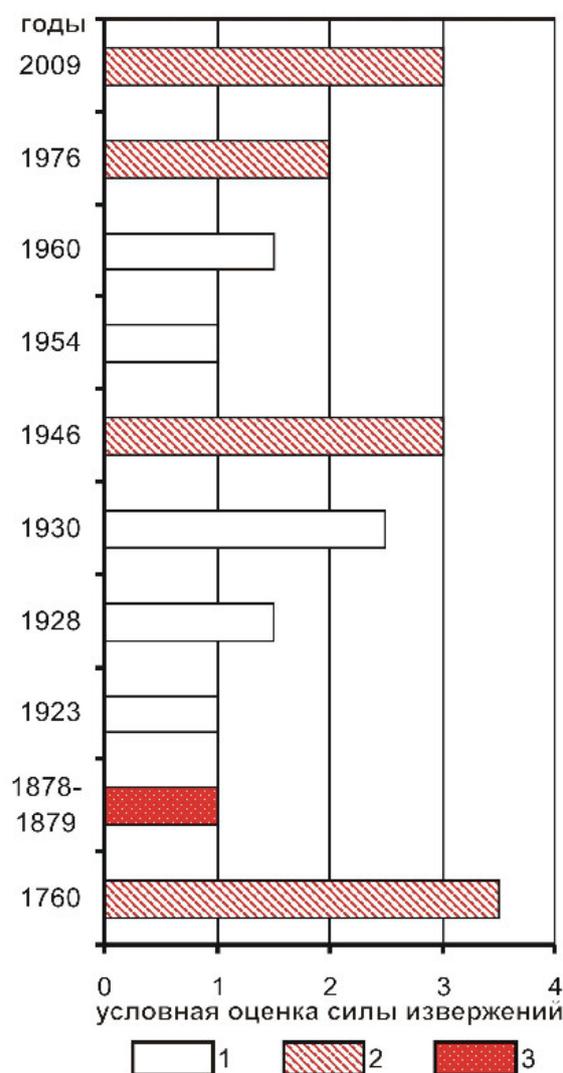


Рис. 6. Хронология извержений современного эруптивного этапа влк. Пик Сарычева. Условные обозначения: 1 – взрывное извержение; 2 – взрывно-эффузивное извержение; 3 – эффузивно-взрывное извержение. Условная оценка силы извержений сделана на основании имеющихся характеристик исторических извержений и, в целом, аналогична VEI.

1976 (Андреев и др., 1978) и 2009 гг. (Левин и др., 2009), поэтому может использоваться в качестве краткосрочного предвестника, как при спутниковом мониторинге, так и при визуальном наблюдении. Активная фаза извержения начинается с относительно слабых эксплозий, разрушающих жерловую пробку. В течение короткого времени эруптивная активность последовательно нарастает и начинается массовый выброс раскаленной пирокластики. После того как питающий канал вулкана достаточно выработан стартует эффузивная деятельность. Излияние лавовых потоков как правило непродолжительно и, по всей видимости, происходит в перерывах между эксплозиями. Кульминационная фаза извержений влк. Пик Сарычева имеет пульсационный характер – мощные взрывы разделяются периодами покоя. На данном этапе эруптивной активности вулкана формируются наиболее крупные пирокластические потоки, отлагающиеся за пределами островной суши. Скопление вулканитов на периферии вулканического конуса приводило к изменению конфигурации береговой линии о. Матуа, что было отмечено после событий 1930 (Tanakadate, 1931; Горшков, 1948), 1946 (Главацкий, Ефремов, 1948) и 2009 гг. (Левин и др., 2009). Эруптивные тучи, значительной высоты, образуют протяженные пепловые шлейфы, способные распространяться на сотни километров от вулкана. Пик Сарычева – один из немногих вулканов Курильской дуги, при исторических извержениях которого сектор пеплопада выходил далеко за пределы островной гряды, выпадая к северо-востоку – на Камчатке (Главацкий, Ефремов, 1948) и к западу – на территории Хабаровского края и Сахалина (Левин и др., 2009). После кульминации эксплозивная деятельность вулкан некоторое время сохраняется, но вскоре идет на убыль. По прошествии активной фазы вулкан находится в состоянии высокой фумарольной активности.

Изучение особенностей исторических извержений вулкана Пик Сарычева и, в частности, события 2009 г., обнаруживают определенное сходство с извержениями влк. Авачинский на Камчатке: при относительно невысоком содержании кремнезема в породах (преимущественно андезибазальты) и, соответственно, обедненности магмы летучими, извержения этих вулканов характеризуются высокой эксплозивностью. Так в работах (Мелекесцев и др., 1993; 1994) показано, что из 14 извержений влк. Авачинский только два можно уверенно отнести к эффузивно-эксплозивным и эффузивным (1894-1895 и 1991 гг., соответственно), остальные же являются чисто эксплозивными. При этом разгрузка вулканитов в ходе эруптивного процесса осуществляется, главным

образом, за счет пирокластических потоков и ассоциирующихся с ними пирокластических волн. Механизм образования пирокластических потоков на вулкане Авачинский объясняется по-разному. Б.И. Пийп (1946) считал их результатом взрыво-выдуваний – непрерывной серии взрывов, происходящих при низком газовом давлении. И.В. Мелекесцев с соавторами (1994) объясняет этот процесс уменьшением к концу извержения содержания в газовой фазе водяного пара, образовавшегося при контакте магмы и обводненных пород.

В литолого-фациальном отношении отложения пирокластических потоков вулканов Авачинский и Пик Сарычева схожи: потоки сложены пористыми «шлакообразными» обломками андезибазальтов размером 15-30 см. Ювенильные обломки имеют характерную округлую форму, которую они приобрели в процессе перемещения обломочной массы по склонам (рис. 7). Доля ювенильного материала в общем объеме извергнутой пирокластики различна и определяется, вероятно, характером извержения. Пирокластические потоки извержения влк. Пик Сарычева 11-17 июня 2009 г. имеют двучленное строение: нижняя часть разреза представлена преимущественно резургентным материалом, отложившимся, по-видимому, субсинхронно с коричневым пеплом – в начальную фазу извержения, когда происходила прочистка подводющего канала. Верхняя часть разреза образована в основном ювенильными пирокластами «шлакообразного» облика, извергнутыми после того как питающий канал был проработан. По нашему мнению, похожую картину наблюдал Б.И. Пийп (1946), изучая последствия извержения влк. Авачинский в 1938 г. При описании отложений ювенильных пирокластических потоков, которые он назвал «раскаленными агломератовыми потоками» (Пийп, 1946, стр. 19), отдельно были упомянуты «потоки, которые были образованы из песка и обломков старых лав» (Пийп, 1946, стр. 19). Гранулометрический состав заполнителя (частицы размером менее 2 мм) пирокластических потоков влк. Пик Сарычева (извержения 11-17 июня 2009 г.) заметно отличается от других, генетически связанных с ними фаций, – пирокластических волн, пеплового облака пирокластического потока и тефры (рис. 5), также обладающих специфическими чертами гранулометрии. Так, заполнитель отложений приземной пирокластической волны имеет ярко выраженное одномодальное распределение фракций, преобладают частицы 0.25-0.8 мм (68.4%). Гранулометрический состав заполнителя отложений волны пеплового облака характеризуется бимодальным распределением фракций – преобладают частицы размером 0.1-0.5 мм



Рис. 7. Отложения пирокластических потоков влк. Пик Сарычева: *а* – одного из последних (до 2009 г.) извержений, возможно, 1946 или 1976 гг., август 2008 г. (фото Д.Н. Козлова); *б* – извержения 2009 г., август 2010 г. (фото А.В. Дегтерева); *в* – извержения 2009 г., июнь 2009 г. На заднем плане влк. Пик Сарычева (фото А.В. Рыбина).

(49.9%) и менее 0.05 мм (24.3%). Выявленные особенности гранулометрического состава пирокластики влк. Пик Сарычева, в общих чертах, соответствуют таковым для вулканов Камчатки (Гирина, 1998).

Пирокластические продукты всех извержений влк. Пик Сарычева характеризуются наличием резургентного материала. При сильных извержениях его доля сопоставима с объемами ювенильной составляющей, а в

случае единичных эксплозивных эпизодов, по-видимому, пирокластические продукты представлены им целиком. Проводя аналогию с влк. Авачинский (Брайцева и др., 1998; Мелекесцев и др., 1994), обладающим схожими чертами деятельности, можно предположить, что большинство извержений влк. Пик Сарычева также имели фреатомагматический механизм.

Пирокластические потоки могут распространяться на значительные расстояния, покрывая

при этом обширные территории. Оказывая механическое, температурное и геохимическое воздействие на подстилающий субстрат, пирокластические потоки выступают мощным поражающим агентом, способным приводить к трансформациям природных комплексов различного уровня. Кроме того, они часто провоцируют грязекаменные лавины – лахары, вкуче с которыми существенно усиливается суммарный экологический эффект извержения. В результате извержении 2009 г. комплексное воздействие этих факторов вызвало перестройку ландшафтов о. Матуа, наиболее сильно проявившуюся в пределах постройки действующего влк. Пик Сарычева и прилегающих к нему территорий.

Учитывая особенности пирокластических потоков влк. Пик Сарычева и подчеркивая их отличие от таковых образований в «классическом» варианте, авторы считают правомерной в этом отношении некоторую унификацию термина, выраженную в уточнении названия. Во избежание возможных неточностей в будущем, уместно применять термин «шлаковые пирокластические потоки».

В заключение стоит отметить следующую деталь – подавляющее большинство извержений влк. Пик Сарычева приходится на последнее столетие и лишь два – на предшествующие века (XVIII-XIX вв.). Столь неравномерная группировка периодов вулканической активности и покоя дают основание усомниться в полноте имеющихся данных об извержениях вулкана в течение исторического времени. Предположение о фрагментарности эруптивной летописи вулкана, представляется вполне обоснованным, так как поступление сведений о состоянии вулкана имело случайный характер. Графическое выражение распределения вулканических событий во времени (рис. 6) обнаруживает некоторые закономерности, являющиеся, возможно, отражением периодов различной продуктивности вулканического аппарата. Выделяются периоды 1923-1946 гг. и 1954-2009 гг. Для каждого из них характерно последовательное увеличение силы происходивших извержений: от слабых взрывных извержений в начале цикла до мощных пароксизмов, как правило, взрывно-эффузивного типа, в их конце (рис. 6). В то же время, предполагаемая неполнота исторических хроник об активности вулкана препятствует выявлению подобной тенденции за более продолжительный интервал времени.

Влк. Пик Сарычева активно работал в течение исторического времени: в среднем его извержения происходили каждые 25 лет, в связи, с чем высока вероятность его извержений в недалеком будущем. Учитывая высокую взрывность вулкана, практически все его извержения, в

разной степени, будут представлять угрозу для авиации. При наиболее крупных извержениях опасности подвергнутся, также находящиеся на острове люди (периодически Матуа посещают научные и туристические группы). Вблизи постройки вулкана основными поражающими факторами выступят пирокластические потоки и волны, а также лахары; на удалении – вулканический пепел, обладающий ярко выраженными абразивными свойствами и эруптивные газы. Вместе с тем важно помнить, что корректную и научно-обоснованную оценку относительно долгосрочного прогноза активности вулкана можно сделать только после тщательного изучения эруптивной истории влк. Пик Сарычева за продолжительный период (по возможности с начала его формирования). Рассмотрение данного вопроса – тема отдельного исследования, реализация которого начата и активно продолжается.

ВЫВОДЫ

1. Новейший этап эруптивной истории влк. Пик Сарычева характеризуется непродолжительными терминальными извержениями взрывного и взрывно-эффузивного типов, при которых выбрасываемый вулканом материал формирует пирокластические потоки и генетические связанные с ними образования, составляющие основной объем изверженных продуктов.

2. Особенности деятельности влк. Пик Сарычева обнаруживают определенное сходство с извержениями влк. Авачинский на Камчатке, которое отражено, в частности, в литолого-фациальном облике взрывных продуктов.

3. Учитывая высокую активность влк. Пик Сарычева в течение исторического периода, представляется маловероятным, что в ближайшее время вулкан кардинально изменит режим эруптивной деятельности и станет менее опасным. В связи с этим, при мониторинге вулканической активности этому объекту необходимо уделять особое внимание.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ (№ 10-05-00797, № 09-05-00003) и ДВО (№ 11-III-B-08-015).

Авторы искренне благодарят сотрудников ИВиС ДВО РАН д.г.-м.н. И.В. Мелекесцева за обсуждение материалов, положенных в основу статьи, как в процессе полевых работ, так и в ходе переписки и ряд ценных замечаний, к.г.-м.н. О.А. Гирину за консультации по вопросам диагностики пирокластических отложений, а также к.т.н. В.А. Рашидова за внимание к работе и конструктивную критику, способствовавшую улучшению качества ее содержания.

Список литературы

- Андреев В.Н., Шанцер А.Е., Хренов А.П. и др.* Извержение вулкана Пик Сарычева в 1976 г. // Бюлл. вулканол. станций. 1978. № 55. С. 35-40.
- Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Гришин С.Ю. и др.* Исторические извержения вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 3. С. 15-34.
- Брайцева О.А., Базанова Л.И., Мелекесцев И.В. и др.* Крупнейшие голоценовые извержения вулкана Авачинский на Камчатке (этап 7250-3700 ¹⁴С-лет назад) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 1. С. 3-24.
- Ганзей К.С., Разжигаева Н.Г., Рыбин А.В.* Изменение ландшафтной структуры о. Матуа во второй половине XX - начале XXI вв. (Курильский архипелаг) // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 87-93.
- Гирина О.А.* Пирокластические отложения современных извержений андезитовых вулканов Камчатки и их инженерно-геологические особенности. Владивосток: Дальнаука, 1998. 174 с.
- Главацкий С.Н., Ефремов Г.К.* Извержение вулкана Пик Сарычева в ноябре 1946 года // Бюлл. вулканол. станций. 1948. № 15. С. 8-12.
- Горшков Г.С.* Вулкан Пик Сарычева // Бюлл. вулканол. станций. 1948. № 15. С. 3-7.
- Горшков Г.С.* Хронология извержений вулканов Курильской гряды. Труды Лабор. вулканологии. 1954. Вып. 8. С. 58-99.
- Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
- Гришин С.Ю., Гирина О.А., Верещага Е.М. и др.* Мощное извержение вулкана Пик Сарычева (Курильские острова, 2009 г.) и его воздействие на растительный покров // Вестник ДВО РАН. 2010. № 3. С. 40-50.
- Гришин С.Ю., Мелекесцев И.В.* Лавовые потоки (извержение 2009 г.) вулкана Пик Сарычева (Центральные Курилы) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1. Вып. № 15. С. 232-239.
- Гуценко И.И.* Извержения вулканов мира. М.: Наука, 1979. 473 с.
- Ефремов Ю.К.* Курильское ожерелье. М.: Географгиз, 1962. 320 с.
- Жаринов Н.А., Жданова Е.Ю., Белоусов А.Б. и др.* Активность Северной группы вулканов Камчатки в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 3-12.
- Извержение вулкана Фуедзан на острове Матуа (Курильские острова, уезд Синсиру) // Кисеэран. 1928. № 346. С. 397. На яп. яз.
- Камио Х.* Землетрясение в заливе Моротон на о-ве Сумусир в июне 1920 г. и извержение на о-ве Матуа в январе 1923 г. // Геологический журнал. 1931. Т. 38. № 1. На яп. яз.
- Лаверов Н.П., Добрецов Н.Л., Богатииков О.А. и др.* Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с.
- Левин Б.В., Мелекесцев И.В., Рыбин А.В. и др.* Экспедиция «Вулкан Пик Сарычева – 2010» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН, 2010а. № 6. С. 152-159.
- Левин Б.В., Рыбин А.В., Мелекесцев И.В.* Земля русская приросла после недавних событий в Сахалинской области // Вестник РАН. 2010б. № 1. С. 40-44.
- Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. и др.* Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева – 2009» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98-104.
- Мархинин Е.К.* Вулкан Сарычева // Бюлл. вулканол. станций. 1964. № 35. С. 44-58.
- Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Двигало В.Н., Базанова Л.И.* Исторические извержения Авачинского вулкана на Камчатке: попытка современной интерпретации и классификации для долгосрочного прогноза типов и параметров будущего извержения. Ч. I. 1737-1909 гг. // Вулканология и сейсмология. 1993. № 6. С. 13-27.
- Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Двигало В.Н., Базанова Л.И.* Исторические извержения Авачинского вулкана на Камчатке: попытка современной интерпретации и классификации для долгосрочного прогноза типов и параметров будущего извержения. Ч. II. 1926-1991 гг. // Вулканология и сейсмология. 1994. № 2. С. 3-22.
- 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 вв.) Ч. I. 1650-1964 гг. // Вулканология и сейсмология. 2003. № 5. С. 3–19.
- 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 вв.) Ч. II. 1965-2000 гг. // Вулканология и сейсмология. 2004. № 1. С. 5–24.
- Миятаке К.* Об извержении вулкана на острове Харумукотан (Центральные Курильские острова) 8 января 1933 г. // Бюлл. вулканол. об-ва Японии. 1934. Т. 2. № 1. На яп. яз.
- Пийп Б.И.* О раскаленных аггломератовых потоках Авачи и о типе извержений этого вулкана // Бюлл. вулканол. станций на Камчатке. 1946. № 12. С. 18-28.
- Полонский А.С.* Курилы // Краеведческий бюллетень. 1994. № 3. С. 3-86.
- Пономарева В.В.* Крупнейшие эксплозивные вулканические извержения и применение их тефры для датирования и корреляции форм

- рельефа и отложений: Автореф. дисс. док. геогр. наук. Москва, 2010. 50 с.
- Разжигаева Н.Г., Арсланов Х.А., Ганзей Л.А., Рыбин А.В.* Новые данные о возрасте голоценовой тефры и влияние пеплопадов на становление ландшафтов Средних и Северных Курил // Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 480-484.
- Рыбин А.В., Чибисова М.В., Коротеев И.Г.* Проблемы мониторинга вулканической активности на Курильских островах // Вестник ДВО РАН. 2010. № 3. С. 64-71.
- Сноу Г.* Записки о Курильских островах // Краеведческий бюллетень. 1992. № 1. С. 89-127.
- Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1989. 239 с.
- Шилов В.Н.* Извержение вулкана Пик Сарычева в 1960 году // Труды СахНИИ. 1962. Вып. 12. С. 143-149.
- Fisher R.V., Schminke H.U.* Piroclastic rocks. Berlin, Heidelberg, N.Y., Tokyo: Springer-Verlag, 1984. 472 p.
- Gorshkov G.S.* Cataloge of the active volcanoes of the World including solfatara fields. P. VII. Kurile islands. Inter. Volcanological Assoc. Napoli, Italia, 1958. 99 p.
- Haywood J., Jones A., Clarisse L. et al.* Observations of the eruption of the Sarychev volcano and simulations using the HadGEM2 climate model // J. Geophys. Res. 2010.V. 115. D21212.
- Langsdorf G.H.* Bemerkungen auf einer Reise um die Welt in den Jahren 1803 bis 1807. B. I. Frankfurt am Main, 1812. 672 с.
- Milne J.* The Volcanoes of Japan. Transactions of the Seismological Society of Japan. V. 9. Yokohama, 1886. P. 2. 184 p.
- Pallas P.S.* Neue Beschreibung der Kurilischen Inseln. Neue Nordische Beiträge, B. IV. SPb. und Leipzig, 1783. P. 112-141.
- Rybin A., Chibisova M., Webley P. et al.* Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles // Bull. Volcanol. 2011. V. 73. № 4. P. 40-56.
- Salinas L.J.* United Airlines Flight Dispatch, Congressional Hazards Caucus. 2010 (<http://www.agiweb.org>).
- Simkin T., Siebert L.* Volcanoes of the world: a regional directory, gazetteer, and chronology of volcanism during the last 10,000 years. Tucson, Arizona: Geosciences Press, 1994. 349 p.
- Tanakadate H.* Volcanic activity in Japan and vicinity during the period between 1924 and 1931 // Japanese Journal of Astronomy and Geophysics. 1931. V. 9. № 1. P. 47-64.

HISTORICAL ERUPTIONS OF SARYCHEV PEAK VOLCANO, MATUA ISLAND, THE KURILES

A.V. Degterev¹, A.V. Rybin¹, N.G. Razzhigaeva²

¹*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022*

²*Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, 690041*

The article provides data on historical events of the Kurile island arc's most active Peak Sarychev Volcano, Matua Island, the Central Kuriles. During the study period the volcano was producing short terminal eruptions of explosive and explosive-effusive types discharging volcanites chiefly with pyroclastic flows and related formations.

Keywords: historical eruptions, Sarychev Peak, the Kuril Islands.