

Эксплозивные извержения кальдеры Заварицкого – возможный источник пеплов в морских колонках северо-западной Пацифики.

О.В. Дирксен¹, А.В. Рыбин²

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: dirksen@kscnet.ru*

²*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск*

Тефрохронологические исследования разрезов ППЧ острова Симушир позволили выявить и охарактеризовать пирокластику двух наиболее мощных эксплозивных извержений кальдеры Заварицкого в голоцене и установить возраст этих извержений. Анализ данных позволил идентифицировать эти пеплы, а также тефру одного из позднеплейстоценовых кальдерообразующих извержений, в колонках морских отложений Охотского моря.

Первые детальные тефростратиграфические исследования колонок морских отложений Охотского и Чукотского морей [3, 7] позволили выявить и охарактеризовать несколько десятков горизонтов вулканических пеплов возрастом от первых миллионов до первых тысяч лет. При этом выяснилось, что для многих пеплов источник извержения неизвестен. Даже для отдельных голоценовых тефр идентификация вулкана-источника может быть проведена только предварительно, основываясь лишь на сходстве химического состава обнаруженного пепла и пород на склонах вулкана, поскольку эруптивная история восстановлена не для всех вулканических центров региона. Одним из наименее изученных кластеров вулканов являются эруптивные центры острова Симушир, наиболее полная работа по вулканам этого острова увидела свет в 1967 г. [1]. Наши исследования направлены на восполнения этого недостатка и представляют результаты предварительных тефрохронологических исследований, проведенных в центральной части острова, в окрестностях кальдеры Заварицкого.

На острове Симушир, представляющем собой узкую полосу суши длиной 57 км и шириной не более 9 км, располагается четыре крупных вулканических центра: вулкан Мильна, кальдера Заварицкого, вулкан Пик Прево и кальдера Броутона с вулканом Уратман. Вулканическая активность за последние 100 лет фиксировалась только для первых трех центров, однако о более ранних извержениях вулканов о. Симушир практически ничего не известно. В работе [6] описано несколько разрезов голоценовых почвенно-пирокластических чехлов (ППЧ) на острове, в которых вскрываются многочисленные пеплы местных вулканов, свидетельствуя об их интенсивной эксплозивной активности. Однако ограниченное количество разрезов, рассеянных на большой территории, не позволило авторам провести уверенную идентификацию вулканов – источников этих пеплов и реконструировать эруптивную историю хотя бы одного из них. В работе [2] также приводится описание нескольких разрезов ППЧ. Однако целью этой работы были палеоэкологические реконструкции, поэтому описанные пеплы вообще не идентифицировались. Наши тефрохронологические исследования проводились в районе бухты Накатомари и охватывали территорию от южного подножия вулкана Пик Прево до северной кромки кальдеры Заварицкого. Всего на этом участке было описано более 20 разрезов ППЧ, отобрано более 150 образцов пеплов. Состав вулканических стекол определялся на приборе JEOL JSM-6480 с аналитической ЭДС приставкой Oxford X-MaxN (МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет, кафедра петрологии) для 70 образцов. Маршрутные обследования территории, корреляция описанных разрезов и анализ полученных результатов микрозондовых измерений позволили не только идентифицировать пеплы, связанные с извержениями центров кальдеры Заварицкого и, в первом приближении, реконструировать эруптивную историю этого сложного центра в голоцене, но и

выявить наиболее сильные извержения этого центра за последние 10000 лет, пеплы которых возможно были обнаружены в колонках Охотского моря [3].

В наиболее детально изученном нами разрезе ППЧ в т.н. 201118 (расположенной в 2,5 км от бровки кальдеры Заварицкого в долине небольшого водотока, стекающего с северных склонов кальдеры в Охотское море) насчитывается более 130 горизонтов погребенных почв и вулканических пеплов различной мощности и крупности (рис. 1). Подавляющее большинство погребенных пеплов представляют собой горизонты пористых, хрупких шлаков серого и темно-серого цвета. Мощность горизонтов колеблется от 2 до 25 см, за исключением тефры последнего крупного извержения, мощность которой в данной точке составляет около 60 см. Содержание SiO_2 в вулканических стеклах этих шлаков колеблется от 55 до 67 вес. %, K_2O – от 0,36 до 0,9 вес. % (рис. 2). Из общей массы шлаков по щелочности отчетливо выделяются несколько маломощных горизонтов, соответствующих извержениям вулкана Пик Прево: содержание K_2O в них, при схожей кремнекислотности, выше на 0,3 – 0,5 вес. %.

Однако в нижней части разреза описаны два горизонта, визуально резко отличающиеся от всех остальных прослоев. В урзе ручья вскрываются отложения пирокластического потока, представленные пачкой желтого плохо сортированного, слабосцементированного пемзового туфа, мощность более 1 метра. Обломки пемзы достигают в размере 5 см. пемза хрупкая, пористая, на изломе светло-желтая. Заполнитель – разнородный песок и мелкий гравий грязно-желтого цвета с большой примесью темно-серых пористых пород и пород, претерпевших значительное гидротермальное изменение красного, грязно-желтого и ржавого цвета. Стекла этой пемзы, получившей индекс ЗВ/б, представляют собой наиболее кислые и щелочные разности пород, извергавшихся из кальдеры Заварицкого в голоцене: содержание SiO_2 составляет 71 – 73 вес. %, K_2O – от 0,9 до 1,0 вес. %.



Рис. 1. Разрез ППЧ т.н. 201118

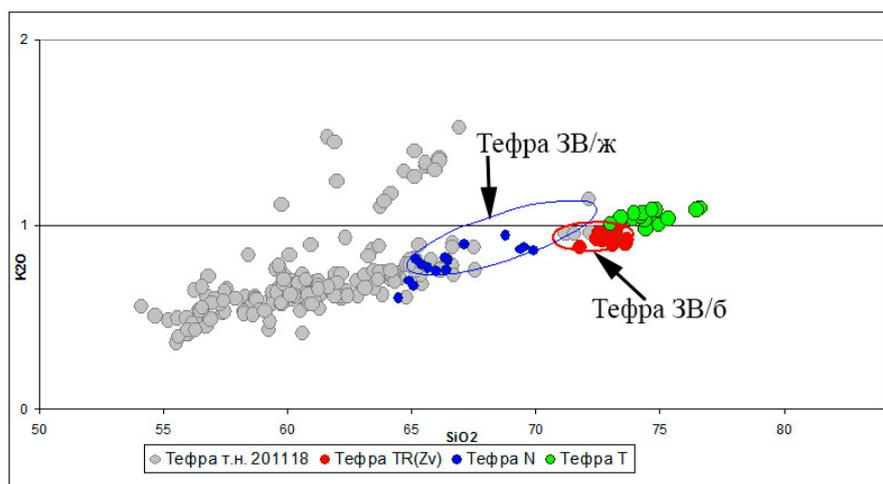


Рис. 2. Диаграмма SiO_2 – K_2O для пирокластики т.н. 201118 и тефр TR(Zv), N и T по [6]

Над пирокластикой ЗВ/б, через небольшой промежуток, залегает еще один горизонт тефры, отчетливо отличающийся от вышележащих горизонтов шлаков. Общий цвет горизонта – коричневатый и серовато-желтый. Горизонт довольно хорошо сортирован и отчетливо стратифицирован. Нижние 20 см сложены главным образом гравием пемзы, средний размер которой составляет 0,5 – 1,0 см, максимальный – до 4 см. Пемза пористая, на изломе желтая. Выше, с нечеткой границей, лежит прослой желтовато-серого цвета сложенный пемзой, крупность которой составляет в среднем 0,5 – 1,5 см, максимум до 6 см. Цвет пемзы в этом прослое меняется от желтого до серого, в изобилии встречаются полосчатые разности. Содержание SiO_2 в стекле

меняется в довольно широком диапазоне, от 65 до 72 вес. %, K_2O – от 0,7 до 1,1 вес. %. Этот горизонт пирокластики (получивший условный индекс ЗВ/ж), легко опознаваемый в разрезах, был нами прослежен до северной конечности острова Симушир, где его мощность составила около 20 см. В то же время, он не был обнаружен ни в одном из разрезов южнее кальдеры.

Отличительные особенности горизонтов тефры ЗВ/ж и ЗВ/б позволили уверенно распознавать эти горизонты во время маршрутных описаний, идентифицировать их в разрезах, приведенных в [6], а также отличить от тефры других вулканов. Использование данных [6] также помогло установить и возраст этих событий: извержение ЗВ/ж произошло около 6800 ^{14}C л.н., а извержение ЗВ/б – около 8000 ^{14}C л.н. Подсчитать объемы извергнутого материала, учитывая незначительное количество точек, в настоящий момент затруднительно, однако можно сделать определенные выводы об общем направлении распространения этих пеплов. Тефра ЗВ/ж была обнаружена только в северных румбах от источника, при этом она отсутствует в разрезах ППЧ к югу от вулкана. Также она отсутствует и на более северных островах (Кетой и т.д.). Все это дает основание предполагать, что тефра этого извержения распространялась довольно узким шлейфом к северу, северо-западу от вулкана. Тефра ЗВ/б распространены гораздо более широко: она идентифицируется по всему острову Симушир, а также, по данным [6], на многих островах Средних и Северных Курил (где она залегает ниже тефры кальдеры Курильского озера). По-видимому, объем изверженного материала во время извержения ЗВ/б был значительно больше, чем ЗВ/ж, а пепел распространялся в широком секторе к северу от вулкана.

Собранные данные позволяют нам предпринять попытку идентификации пеплов извержений кальдеры Заварицкого в колонках Охотского моря, описанных в работе [3]. Наиболее характерной особенностью пеплов этого центра является исключительно низкое содержание K_2O в вулканическом стекле, отличающее тефры кальдеры Заварицкого от тефр всех изученных вулканов Камчатки и Курильских островов. Так для дацитовых и риодацитовых стекол пеплов ЗВ/ж и ЗВ/б содержание K_2O составляет 0,6 – 1,1 вес. %, тогда как для других низкокальциевых тефр оно ощутимо больше (для KC_2 , при 68 – 70 вес. % SiO_2 , содержание K_2O 1,1 – 1,4 вес. %, для пеплов Авачинского вулкана, при том же содержании SiO_2 , значения K_2O составляю 1,3 – 1,5 вес. %). К идентификационным признакам тефры кальдеры Заварицкого также можно отнести особенности минералогического состава: присутствие орто- и клинопироксена при отсутствии амфибола [6].

В приведенных в [3] анализах составов вулканических стекол обращают на себя внимание два раннеголоценовых пепла: тефра TR(ZV) и тефра N. Тефра TR(ZV), при узком диапазоне содержания SiO_2 (72 – 73 вес. %), имеет очень низкие концентрации K_2O (0,9 – 1,0 вес. %) и коррелируется авторами с тефрой ZV-Su. Наши данные также свидетельствуют о том, что этот горизонт отложился в результате извержения кальдеры Заварицкого ЗВ/б, около 8000 ^{14}C лет назад.

Для тефры N, обнаруженной в скважине в центральной части Охотского моря, характерны схожие черты [3]. При большем разбросе значений SiO_2 (64,9 до 69,4 вес. %), содержание K_2O составляет 0,61 – 0,94 вес. %. В минеральном наборе пепла присутствуют орто- и клинопироксены, но отсутствует амфибол. Предположительный возраст пепла составляет около 8,5 тыс. лет. Авторы связывают эту тефру с неизвестным извержением вулкана Гамчен, основанием для чего является только очень низкое содержание K_2O в породах этого вулкана. Однако, ни одного мощного эксплозивного извержения этого вулкана за последние 10000 лет в разрезах ППЧ Камчатки вблизи вулкана не обнаружено. По нашему мнению, указанные характеристики позволяют уверенно скоррелировать эту тефру с изученным нами пеплом ЗВ/ж, возрастом 7,7 тыс. ^{14}C лет.

В описаниях скважин юго-западной части Охотского моря обнаруживается еще один пепел (названный авторами тефра Т), обладающий сходными характеристиками. Вулканическое стекло этой тефры содержит от 73 до 76 вес. % SiO_2 при 0,9 – 1,1 вес. % K_2O . Из темноцветных минералов преобладают орто – и клинопироксен. Возраст пепла – позднеплейстоценовый [3]. Авторы связывают этот пепел с одним из извержений кальдеры Машу (Mashu) на о. Хоккайдо, т.к. пирокластика этого центра является очень низкокальевой. Действительно, тефрохронологические исследования на о. Хоккайдо выявили около 10 крупных эксплозивных извержений (объем изверженных продуктов более 1 км^3) произошедших в диапазоне 30 – 10 тыс. л.н. Однако большинство пеплов этих извержений кальдеры распространялись строго на восток, практически отсутствуя в северном от вулкана секторе [4,8]. Кроме того, для тефры этого центра характерно присутствие амфибола [8]. По нашему мнению, указанные характеристики тефры Т скорее свидетельствуют о связи этой тефры с одним из кальдерообразующих извержений кальдеры Заварицкого, которые происходили в позднем плейстоцене [1]. Но для уверенной идентификации этого горизонта требуется проведение дополнительных исследований.

Таким образом, в результате проведенных нами работ были получены первые данные об эруптивной истории кальдеры Заварицкого (о. Симушир) и выявлены наиболее сильные извержения этого центра за последние 10000 лет: тефры ЗВ/ж и ЗВ/б, возрастом 6,8 и 8 тыс. ^{14}C лет, соответственно. Полученные данные по составам вулканических стекол позволили охарактеризовать эруптивные продукты этих извержений и идентифицировать их в колонках морских отложений Охотского моря. Кроме того предположено, что тефра Т связана с одним из кальдерообразующих извержений кальдеры Заварицкого. Собранный материал может быть использован в дальнейшем для идентификации тефры этого центра в колонках морских и континентальных отложений Северо-Востока России и Северо-Западной Пацифики.

Работа была осуществлена в рамках темы НИР № 0282-2016-0003.

Список литературы

1. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
2. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И. и др. Роль климатического и вулканогенного факторов в формировании органогенных отложений и развитии ландшафтов о. Симушир (Центральные Курилы) в среднем – позднем голоцене // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 3. С. 55-67.
3. Derkachev A.N., Nikolaeva N.A., Gorbarenko S.A., et al. Tephra layers in the Quaternary deposits of the Sea of Okhotsk: Distribution, composition, age and volcanic sources // Quaternary International. 2016. V. 425. P. 248-272.
4. Hasegawa, T., Kishimoto, H., Nakagawa, M., et al. Eruptive history of post-caldera volcanoes of Kutcharo caldera, eastern Hokkaido, Japan, as inferred from tephrostratigraphy in the Konsen and Shari areas for the period 35-12 ka // Journal of Geological Society of Japan. 2009. V. 115(8). P. 369-390.
5. Hasegawa, T., Nakagawa, M., Kishimoto, H. The eruption history and silicic magma systems of caldera-forming eruptions in Eastern Hokkaido, Japan. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences. 2012. V. 107. P. 39-43.
6. Nakagawa, M., Ishizuka, Y., Hasegawa, T., et al. Preliminary Report on Volcanological Research of KBP 2007-08 Cruise by Japanese Volcanology group. Hokkaido University, Sapporo, Japan. 2008.
7. Ponomareva V., Polyak L., Portnyagin M., et al. Holocene tephra from the Chukchi-Alaskan margin, Arctic Ocean: Implications for sediment chronostratigraphy and volcanic history // Quaternary Geochronology. 2018. V. 45. P. 85-97.
8. Yamamoto, T., Itho, J., Nakagawa, M., et al. ^{14}C ages for the ejecta from Kutcharo and Mashu calderas, eastern Hokkaido, Japan. Bulletin of Geological Survey of Japan. 2010. V. 61(5/6). P. 161-170.