

Пирокластические потоки Тыркачин (Западная Камчатка): особенности составов вулканического стекла

М.Л. Толстых¹, М.М. Певзнер², Т.Д. Каримов², О.Н. Успенская³, А.О. Волынец⁴

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, 119991; e-mail: mashtol@mail.ru

² Геологический институт РАН, Москва

³ ВНИИ Овощеводства, Московская область

⁴ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Изучены отложения двух мощных пирокластических потоков кислого состава, обнаруженных в береговых обрывах среднего течения р. Ича. Вулканическое стекло этих пород отвечает риодацитам с высокими концентрациями воды (до 9 мас. %), пониженными концентрациями Nb, Ta, Th и U, что отличает их от ранее изученных стекол тефры вулканов Срединного хребта Камчатки.

В среднем течении р. Ича, в 10-11 км ниже устья руч. Тыркачин, обнаружена серия береговых обрывов, в которых вскрываются отложения двух мощных пирокластических потоков (ПП). Будем называть их ПП Тыркачин. Ближайшие вулканы, для которых характерны крупные извержения плинианского типа – Ичинский и Хангар – расположены в 85-90 км от точки наблюдения. В опорном разрезе т. 964 (N 55.377806° E 156.487333°) ПП залегают на позднемиоценовых морских глинах [3] и перекрываются мощным (20-30 м) галечником (рис. 1а). Мощность нижнего ПП составляет около 20-25 м, а верхнего – около 10 м. Нижний ПП состоит из двух крупных пачек: в основании (2 м) залегают отложения пемзовой тефры (диаметр лапилли до 4 см) с большим количеством резургентных обломков, выше – собственно ПП_Н, сложенный тонко- и мелкозернистыми пепло-пемзовыми песками с включениями лапилли пемзы до 5 см в диаметре. Верхний ПП_В представлен тонкозернистыми пепло-пемзовыми песками с включениями гравия и мелких лапилли пемзы. Оба потока перекрыты горизонтами витрокластических туффилов и туфопесчаников (мощностью 10 и 30 м), в которых обнаружены морские диатомеи родов *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Ciclotella* и др., а также губки (*Spongia*).

В шлифах вещество ПП идентифицируется как фрагменты вспененного стекла размером от 100 мкм, иногда – с четко выраженной флюидальностью (далее – пемза) или мелкие (обычно менее 50 мкм) обломки стекла и, реже, минеральных зерен (далее – пепел). Были изучены образцы стекол ПП_Н, в т.ч. его тефры, и ПП_В, однако, в связи со сходством составов стекол, в дальнейшем они будут рассмотрены как единый массив данных.

Пемзовые лапилли ПП_Н были исследованы методом РФА (ИГЕМ РАН). Порошки изучены при помощи рентгенодифракционного количественного анализа (ГИН РАН). Пирокластика обоих ПП была исследована микроскопически; стекла пеплов и пемз, а также минеральные фазы проанализированы при помощи электронно-спектроскопического метода (ЕМР) (Cameca SX-100 и TESCANMIRA, ГЕОХИ РАН) и метода вторично-ионной масс-спектрометрии (SIMS) для определения редких элементов в стеклах (Cameca IMS-4f, Центр Коллективного пользования «Диагностика микро- и макроструктур», г. Ярославль).

1. Лапилли тефры нижних горизонтов ПП_Н по составу отвечают риодацитам (SiO₂ 67-72 мас. %) высококалиевой серии (около 4.2 мас. % K₂O), с низкими концентрациями FeO и MgO (1-2 и 0.3-0.6 мас. %, соответственно).

2. Рентгеноструктурный анализ порошков из разных горизонтов потока продемонстрировал преобладание аморфного вещества (вулканическое стекло) с

примесью некоторого количества кристаллических фаз (кварца, полевого шпата, монмориллонита и палыгорскита).

3. Согласно данным микронзондового анализа, среди минералов преобладают полевые шпаты, в т.ч. калиевый, также присутствуют ортопироксены En 65-71 и, в единичных случаях, зерна биотита и кварца. Ca-Na полевые шпаты отличаются от плагиоклазов вулканов Ичинский и Хангар [4, 5] повышенным содержанием FeO (до 0.6 мас. %) и сравнительно низкими содержаниями ортоклазового компонента. Также породы ПП отличает от тефры вулканов Ичинский и Хангар отсутствие амфибола и значительных объемов биотита.

4. Стекла пеплов и пемзовых лапилли характеризуются кислыми дацит-риодацитовыми составами с невысокими концентрациями железа, магния, кальция (табл. 1), причем содержания этих элементов в разных стеклах довольно близки.

Таблица 1. Представительные составы стекол ПП Тыркахин (мас. %)

Эл/Na _{ан}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	75.18	74.29	74.59	74.6	75.71	73.74	75.62	74.09	73.93	73.51
TiO ₂	0.18	0.13	0.13	0.11	0.14	0.13	0.16	0.13	0.16	0.1
Al ₂ O ₃	11.72	11.9	11.8	12.51	11.98	11.41	11.61	11.64	11.55	11.29
FeO	0.76	0.65	0.70	1.13	0.62	0.55	0.65	0.58	0.7	0.6
MnO	0.09	0.06	0.04	0.06	0.04	0.12	0.11	0.16	0.04	0.07
MgO	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.15	0.13	0.17	0.14
CaO	0.66	0.66	0.64	0.66	0.66	0.64	0.64	0.67	0.61	0.7
Na ₂ O	3.78	4.09	2.99	3.23	3.4	3.14	3.37	3.33	3.23	3.41
K ₂ O	3.13	3.83	3.09	4.44	3.87	3.94	4.02	3.82	3.9	3.64
Cl	0.20	0.16	0.19	0.11	0.15	0.2	0.2	0.18	0.11	0.15
Сумма	95.83	94.39	94.99	96.97	96.69	94.00	96.53	94.73	94.4	93.61

От остаточных кислых стекол тефры вулканов Ичинский и Хангар стекла пеплов и пемз ПП Тыркахин отличаются, главным образом, довольно низкими суммами анализа, что при пересчете на 100 мас. %, необходимом для построения бинарных диаграмм, дает некоторое увеличение содержаний SiO₂ (рис. 1б). Концентрации прочих петрогенных элементов очень схожи в стеклах всех этих вулканов.

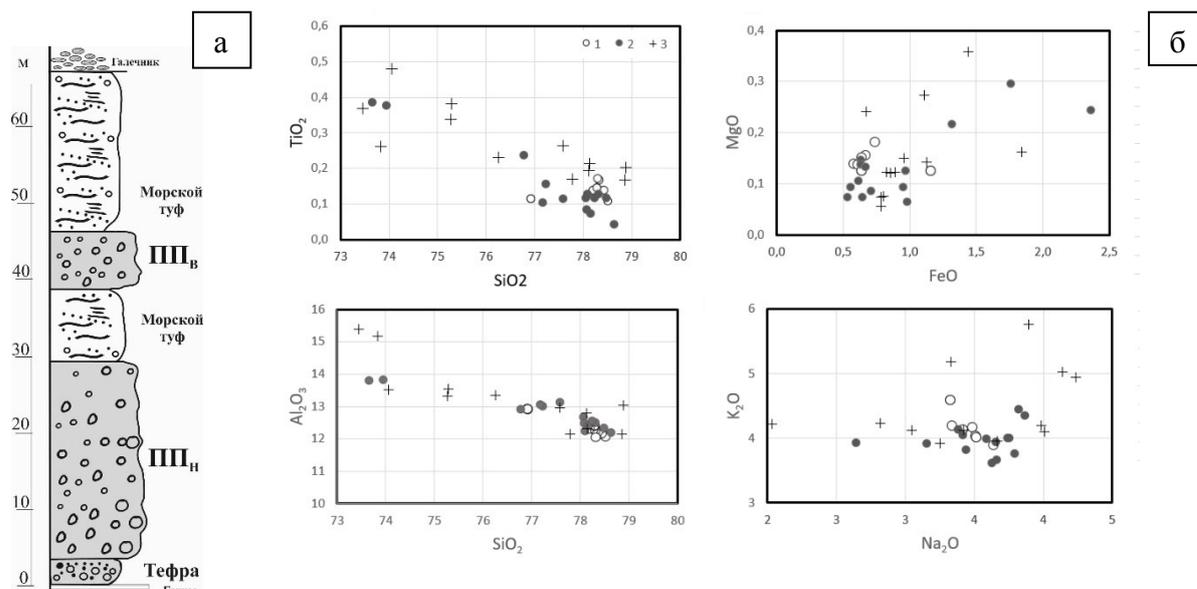


Рис. 1. а – схематическое строение опорного разреза Тыркахин на р. Ича; б – бинарные диаграммы для стекол в пирокластике: ПП_Н и ПП_В (1), остаточных стекол тефры вулкана Хангар (2) и тефры вулкана Ичинский (3).

Редкоэлементный состав стекол ПП Тыркачин (табл. 2) отличается от характеристик стекол тефры соседних вулканов (рис. 2), в частности, некоторым дефицитом Nb (4-5 ppm и 11-18 ppm, соответственно). При этом содержания Nb в стеклах ПП выше, чем в кислых стеклах типично островодужных вулканитов ЦКД. Также несколько понижены, по сравнению со стеклами тефры Ичинского и Хангара, концентрации Ta, Th, U, La, и повышены – Y (до 21 ppm).

Таблица 2. Содержание микроэлементов (ppm) в стеклах ПП Тыркачин

Эл/ $N_{ан}$	1	2	3	4	5	Эл/ $N_{ан}$	1	2	3	4	5
Li	3.21	3.20	2.72	0.95	1.65	Sm	3.26	3.36	3.02	3.23	1.83
Be	1.31	1.36	1.24	1.35	1.37	Eu	0.47	0.81	0.41	1.30	0.50
B	41.56	43.65	41.79	43.26	30.86	Gd	2.60	2.89	3.47	2.72	1.78
K	47011	46876	46228	41742	46432	Dy	3.06	3.23	3.02	3.26	1.57
Cr	79.23	82.29	11.01	2.75	16.33	Er	2.32	2.46	2.57	2.33	1.14
Cu	14.23	13.27	9.70	11.45	8.34	Yb	2.95	3.04	2.92	2.84	1.25
Rb	53.24	57.69	53.36	55.19	50.61	Hf	4.05	3.93	3.75	3.78	2.26
Sr	61.71	59.47	57.96	58.44	91.35	Ta	0.82	0.84	0.76	0.73	0.69
Y	20.74	21.02	19.71	19.80	9.75	Pb	5.70	5.81	5.16	5.00	3.93
Zr	68.26	67.79	67.21	65.96	51.70	Th	3.92	3.80	3.49	3.44	3.54
Nb	5.12	4.98	4.65	4.88	4.03	U	2.28	1.95	2.01	1.93	1.86
Ba	850	847	873	886	955	Th/U	1.72	1.95	1.74	1.78	1.90
La	13.48	14.59	13.08	13.86	12.29	La/Yb	4.57	4.80	4.49	4.88	9.80
Ce	30.61	31.96	31.00	30.10	22.49						
Nd	16.23	15.74	14.30	15.65	9.19	H ₂ O*	5.24	6.04	5.01	9.21	6.97

Примечание. Содержания H₂O* приведены в мас. %.

Также обращают на себя внимание высокие содержания воды в стеклах ПП Тыркачин – до 9 мас. %, в среднем – 5 мас. % по данным SIMS (табл. 2), в то время как кислые стекла основной массы в пирокластике других вулканов [4, 5] обычно обезвожены.

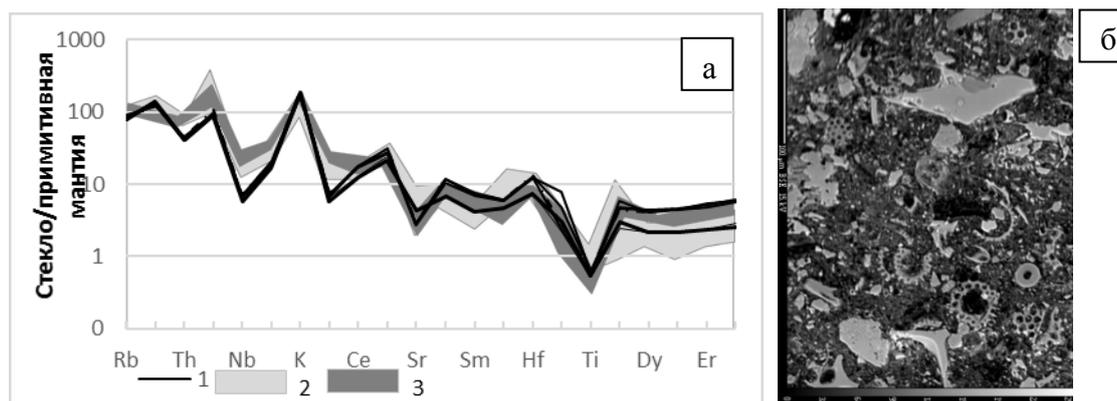


Рис. 2. а – спайдер-диаграмма для стекол ПП Тыркачин (1), голоценовой тефры вулканов Хангар (2) и Ичинский (3); б – микрофото туффита в обратных электронах. Состав примитивной мантии по [7].

5. Наиболее характерной особенностью стекол ПП Тыркачин можно назвать относительно низкие содержания Nb и Ta, что отличает ПП от четвертичных вулканитов южной части Срединного хребта, заметно обогащенных HFSE относительно типично островодужных пород. Эти характеристики стекол ПП Тыркачин могут свидетельствовать о несколько иной, чем в четвертичное время, геодинамической ситуации формирования расплавов. Следовательно, можно

предположить более древнее происхождение ПП, поскольку островодужный тип вулканизма, развитый в южной части СХ в доплиоценовое время [1], позже сменился т.н. «гибридным» типом, характерным для четвертичных пород вулканов Хангар и Ичинский.

Водонасыщенность стекол ПП, вероятно, может быть связана с начавшимися процессами вторичных изменений материала [6], в частности, гидратацией (перлитизацией) стекол и их преобразованием в глинистые минералы. Косвенно наличие такого процесса подтверждает рентгеноструктурный анализ, зафиксировавший в образцах незначительные количества компонентов бентонитовых глин.

Вулканический центр, которому принадлежат ПП Тыркачин на р. Ича, пока не установлен, т.к. породы аналогичного состава не известны в массивах вулканов Ичинский (1.7 млн лет) и Хангар (7 млн лет). Не установлен и точный возраст этих извержений. По-видимому, ПП отлагались в дочетвертичное время, о чем могут свидетельствовать и особенности микроэлементного состава стекол, и зафиксированные вторичные изменения вещества, и органика в прослоях туффитов (рис. 2б). По существующим представлениям [2], перекрывающие ПП туффиты могли сформироваться в среднем течении р. Ича не позднее плиоцена.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 20-05-00085.

Список литературы

1. *Вольнец А.О., Певзнер М.М., Толстых М.Л., Бабанский А.Д.* Вулканизм южной части Срединного Хребта Камчатки в неоген-четвертичное время // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 12. С. 1979-1996.
2. *Гладенков Ю.Б.* Биосферная стратиграфия (проблемы стратиграфии начала XXI века) / Гл. ред. Ю.Г. Леонов. М.: ГЕОС, 2004. 120 с.
3. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 376 с.
4. *Толстых М.Л., Наумов В.Б., Певзнер М.М. и др.* Геохимические особенности магм крупнейшего голоценового извержения вулкана Хангар (Срединный хребет Камчатки) по данным изучения расплавных включений // Геохимия. 2021. № 2. С. 127-144.
5. *Толстых М.Л., Певзнер М.М., Наумов В.Б., Бабанский А.Д.* Характеристика расплавов, формировавших тефру плейстоцен-голоценовых извержений вулкана Ичинский (Камчатка), по данным изучения расплавных включений // Геохимия. 2019. № 3. С. 237-262.
6. *Fisher R.V., Schmincke H.-U.* Pyroclastic Rocks // Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, Springer-Verlag, 1984. 339 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-74864-6>.
7. *Sun S.-S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the ocean basins // Geol. Soc. London, Special Publ. (Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry). 1989. V. 42. P. 313-345.