Состав стекла в пепловых залежах Северного Приохотья

Толстых М.Л.[1], Певзнер М.М.[2], Смирнов В.Н.[3], Глушкова О.Ю.[3], Овсянников Г.Н.[4]

Composition of glass in the ash deposits of the Nothern Okhotsk Sea region

Tolstykh M.L., Pevzner M.M., Smirnov V.N., Glushkova O.Yu., Ovsyannikov G.N.

[1] Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва
e-mail: mashtol@mail.ru
[2] Геологический институт РАН, г. Москва
[3] СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан
[4] Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Измерены содержания микроэлементов в стеклах вулканических пеплов, формирующих Уптарскую и Ямскую залежи Северного Приохотья. Выявлена высокая степень сходства пеплов Ямской залежи и голоценовых тефр Камчатки. Некоторые особенности вулканического стекла Уптарской залежи характерны для камчатской пирокластики.

Месторождениям вулканических пеплов Северного Приохотья (залежам Уптарской, Красавинской, Ямской и др.) посвящена обширная литература [1, 3, 4, 6 и др.]. Однако вопрос о происхождении пеплов до сих пор остается дискуссионным. В ряде работ предполагается, что они могут быть связаны с извержениями некоторых вулканов Камчатки [1, 4]: Ичинского, Алней-Чашаконджа, Асача, Оччамо. Предлагается и вне-Камчатский источник пеплов. Так, например, в работе [6] высказано предположение о неустановленных вулканических центрах в Охотском море.

Наше исследование направлено на изучение микроэлементного состава стекол Уптарской и Ямской залежей и сравнение полученных результатов с данными по составу остаточных кислых стекол в тефрах Камчатки.

Вероятнее всего, источник (источники) происхождения пеплов залежей расположен на значительном удалении. Следовательно, в процессе транспортировки и возможного переотложения пеплы подвергались дифференциации (в том числе эоловой), что привело к изменению их фазового состава. В связи с этим исследование валовых проб материала залежей может приводить к искажению первичного химизма пеплов. Более перспективным представляется изучение микроэлементных характеристик вулканических стекол, поскольку именно он может характеризовать первичный расплав вулкана-источника.

Материалы и методы

По данным [4], пеплы Уптарской залежи могли сформироваться в позднем плейстоцене, а пеплы Ямской залежи связывались с миоценовой вулканической активностью: по результатам K-Ar и U-Pb датирования возраст стекловатого материала – не менее 7-8 млн лет [4].

Нами проанализированы частицы прозрачного стекла пеплов Ямской и Уптарской залежей (рис. 1). В качестве материала для сравнения использованы анализы стекол расплавных включений в минералах и тонких пеплах голоценовых вулканов Срединного хребта (Ичинский, Хангар), и среднемиоценового (14.9-13.1 млн лет) пирокластического потока Тыркачин на Западной Камчатке [2, 5]. Содержания петрогенных элементов определялись при помощи электронно-зондового микроанализа (EPMA) на приборах Cameca SX-100 (ГЕОХИ РАН) при параметрах 15-30 nA, 15 кВ, по площадке 10×10 мкм. Содержания элементов-примесей измерялись при помощи метода вторично-ионной масс-спектрометрии (SIMS) на анализаторе Cameca IMS-4f Центра коллективного пользования «Диагностика микро- и макроструктур», г. Ярославль.

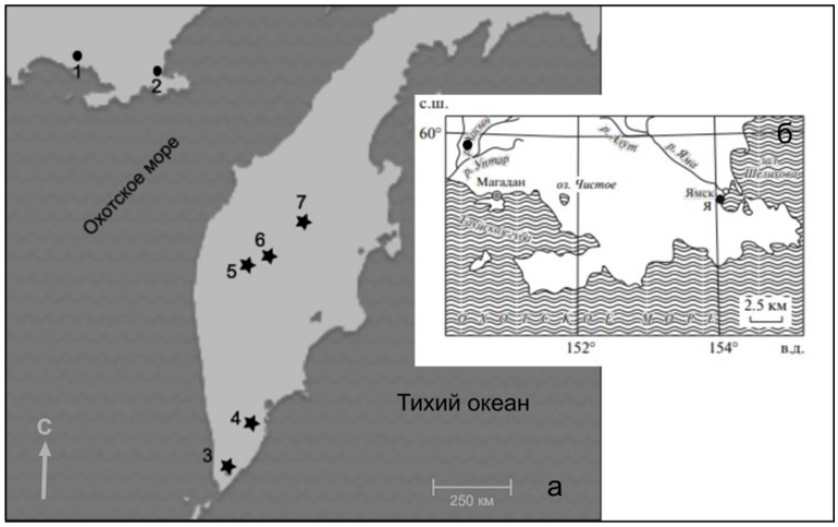

Рис. 1. Расположение залежей вулканических пеплов Северного Приохотья и предполагаемых источников вулканического пепла (Камчатка) и залежи пеплов: 1 – Уптарская, 2 – Ямская. Вулканические центры Камчатки: 3 – кальдера Курильского озера, 4 – Асача, 5 – Ичинский, 6 – Оччамо, 7 – Алней-Чашаконджа.

Для сравнения использовались собственные данные по составам стекол вулканов Хангар, Ичинский, потока Тыркачин, а также материалы из базы данных TephraKam [7], которая на сегодняшний день является наиболее представительным массивом данных о составах стекол в тефрах большинства известных вулканов Камчатки.

Петрогенные компоненты

По содержаниям макроэлементов стекла пирокластического материала Ямской и Уптарской залежей относятся к риодацитам, однако в Ямской залежи локализованы более кремнекислые стекла (69.5-72.2 и 72.0-75.2 масс. %, соответственно). Прочие петрогенные элементы демонстрируют сходные содержания (11.6-12.0 масс. % Al_2O), 0.65-0.8 FeO, 0.4-0.9 CaO). Стекло Уптарской залежи имеет чуть более отчетливую калиевую специфику – до 4.5 масс. %, против 3.5 масс. % в Ямской залежи. Несколько различаются и суммы зондового анализа (90-91 масс. % и 95-97 масс. % для Уптарской и Ямской залежей, соответственно). Это связано с разной степенью водонасыщенности стекла; согласно показаниям SIMS, в стекле Уптарской залежи содержится до 7.7 масс. %, а в Ямской – до 5.2 масс. % воды, что, по-видимому, отражает процесс перлитизации стекла.

По содержаниям макроэлементов стекла обеих залежей и кислые пирокластические отложения Камчатки близки между собой (рис. 2), хотя вулканы, которые в литературе рассматривались как возможные источники изучаемой тефры (Асача, Курильское озеро, Алней-Чашаконджа, Ичинский), характеризуются несколько более основными стеклами (рис. 2), для которых характерны более низкие или, наоборот, более высокие концентрации K_2O. Таким образом, в данном случае не представляется возможным использовать концентрации петрогенных компонентов в пеплах для каких-либо корреляций.

Элементы-примеси

Характер распределения редких элементов в стеклах Уптарской и Ямской залежей, а также пеплов вулканов Камчатки в целом похожи. Их объединяет наличие Nb-минимума, относительная обогащенность литофильными элементами и некоторое обеднение тяжелыми редкоземельными элементами (РЗЭ) (рис. 3). Кривая, отвечающая усредненному составу стекла Ямской залежи, попадает в диапазон кислых камчатских пеплов, в том числе голоценовых, и ближе всего она оказывается к вулканам Срединного хребта (Ичинский и Хангар), в том числе и по глубине Nb-минимума. Однако изотопный возраст пеплов Ямской залежи оценивается в 7-8 млн лет, что для Срединного хребта считается этапом активного субдукционного вулканизма, и древние

вулканиты этого района, например, поток Тыркачин, характеризуются гораздо меньшими содержаниями Nb, характерными для активных островодужных систем.

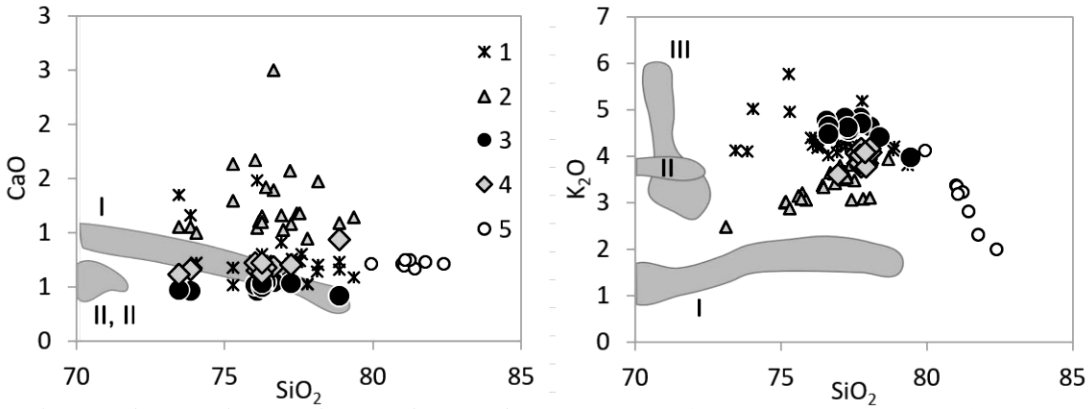

Рис. 2. Отношение SiO_2–CaO и SiO_2–K_2O в стеклах пирокластических отложений Камчатки, Уптарской и Ямской залежей. 1 – вулкан Ичинский, 2 – вулкан Хангар, 3 – Ямская залежь, 4 – Уптарская залежь, 5 – пирокластический поток Тыркачин. Серым обозначены поля составов стекол тефры вулканических центров: I – кальдера Курильского озера, II – Асача, III – массив Алней-Чашаконджа по [7]. Все составы пересчитаны на 100 %.

На рис. 3 видно, что стекла Уптарской залежи по ряду параметров кардинально отличаются от стекол как Ямской залежи, так и камчатской пирокластики. В первую очередь, это крайне низкие содержания Ba и Sr (160-170 и 15-16 ppm, соответственно), высокие концентрации Nb (>24 ppm), повышенные – тория и легких редкоземельных элементов.

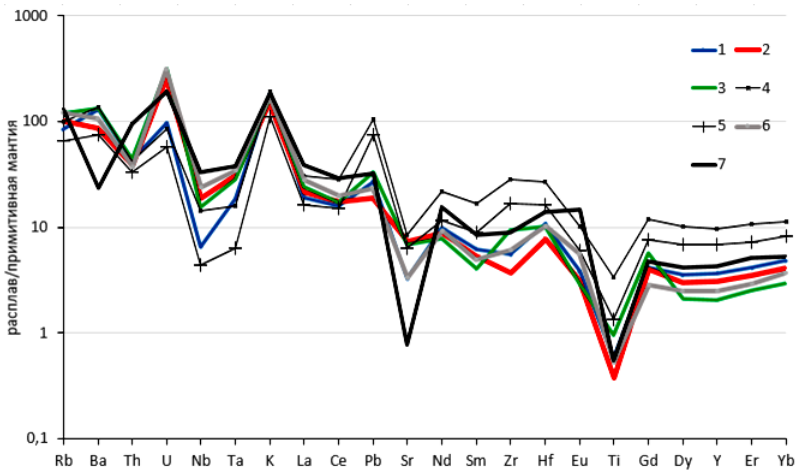

Рис. 3. Распределение РЗЭ в стеклах пирокластических отложений Камчатки, Уптарской и Ямской залежей. 1 – поток Тыркачин, 2 – вулкан Хангар, 3 – вулкан Ичинский, 4 – массив Алней-Чашаконджа, 5 – кальдера Курильского озера, 6 – Ямская залежь, 7 – Уптарская залежь. Состав примитивной мантии по [8].

На некоторых бинарных диаграммах отношений редких элементов (рис. 4) фигуративные точки для стекол Уптарской залежи располагаются довольно далеко от общего поля стекол пирокластических отложений Камчатки.

Несмотря на то, что для некоторых других компонентов расхождения не столь значительны, есть причина предполагать для Уптарской залежи возможность иного источника тефры, чем камчатские вулканы. Например, сочетание столь низких концентраций Sr и высоких – Nb встречается в геодинамических обстановках, где вулканическая деятельность не обусловлена субдукционными процессами. Для выдвижения аргументированных предположений требуются дополнительные исследования.

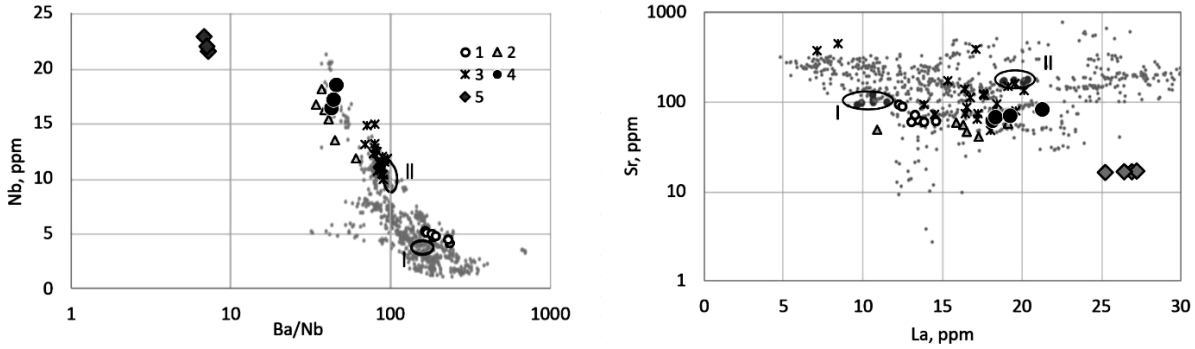

Рис. 4. Бинарные диаграммы отношений редких элементов в стеклах пирокластических отложений Камчатки, Уптарской и Ямской залежей. 1 – пепел миоценового потока Тыркачин; 2, 3 – стекла голоценовых извержений вулканов Хангар и Ичинский, соответственно; 4, 5 – стекла Ямской и Уптарской залежей, соответственно. Серые точки – составы стекол из базы TephraKam [7]. Овалами выделены поля стекол тефры кальдеры Курильского озера (I) и массива Алней-Чашаконджа (II).

Выводы

Установлено, что риодацитовые стекла Ямской и Уптарской залежей имеют различный состав и, по-видимому, разное происхождение (разные вулканы-источники).

Стекла Ямской залежи по составам чрезвычайно близки к камчатским тефрам, особенно к пирокластике вулканов Срединного хребта Камчатки.

Некоторые особенности (Sr<20, Nb>22) состава стекол Уптарской залежи предполагают наличие уникального вулканического источника этих пеплов.

Для решения проблемы происхождения пеплов Северного Приохотья представляется перспективным дальнейшее изучение содержаний элементов-примесей в стеклах.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданиями ГЕОХИ РАН и ИВиС ДВО РАН FWME-2024-0012.

Список литературы

1. *Мелекесцев И.В.*, *Глушкова О.Ю.*, *Кирьянов В.Ю. и др.* Происхождение и возраст Магаданских вулканических пеплов // Доклады АН СССР. 1991. Т. 317. № 5. С. 1188-1192.
2. *Орешкина Т.В., Певзнер М.М., Петрова В.В., Каримов Т.Д.* Новые данные по вулканогенно-осадочному комплексу неогена Ичинской впадины: разрез Тыркачин (Западная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2022. № 3. Вып. 55. С. 58-69. DOI: 10.31431/1816-5524-2022-3-55-58-69
3. *Смирнов В.Н., Акинин В.В., Глушкова О.Ю.* Первые определения изотопного возраста вулканических пеплов в кайнозойских отложениях Северного Приохотья // Доклады Академии наук. 2014. Т. 455. № 6. С. 676-680. DOI: 10.7868/S0869565214120184
4. *Смирнов В.Н., Глушкова О.Ю., Савва Н.Е.* Пеплы камчатских вулканов возле Магадана // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 1. С. 81-88.
5. *Толстых М.Л., Певзнер М.М., Каримов Т.Д. и др.* Пирокластические потоки Тыркачин (Западная Камчатка): особенности составов вулканического стекла // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2021 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2021. С. 64-67.
6. *Шатков Г.А., Лебедева О.Ю., Антонов А.В. и др.* Вулканические пеплы Примагаданья: петролого-геохимические особенности и возраст // Региональная геология и металлогения. 2017. № 71. С. 19-34.
7. *Portnyagin M.V., Ponomareva V.V., Zelenin E.A. et al.* TephraKam: geochemical database of glass compositions in tephra and welded tuffs from the Kamchatka volcanic arc (northwestern Pacific) // Earth System Science Data. 2020. V. 12. № 1. P. 469-486. DOI: 10.13140/RG.2.2.23627.13606
8. *Sun S-S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Geological Society. London. Special Publications. 1989. V. 42. P. 313-345. DOI: 10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19