

**Вахрамеева П.С.<sup>1,2</sup>, Пономарева В.В.<sup>3</sup>, Абботт П.М.<sup>4</sup>,  
Новикова А.В.<sup>5</sup>, Репкина Т.Ю.<sup>5</sup>, Романенко Ф.А.<sup>5</sup>**

(<sup>1</sup>Арктический и Антарктический НИИ, г. С-Петербург, e-mail: polina.vakhrameeva@icloud.com; <sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. С-Петербург; <sup>3</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский; <sup>4</sup>Университет г. Суонси, Великобритания; <sup>5</sup>Московский государственный университет, г. Москва)

**Первые находки криптотефры в голоценовых отложениях  
из района Белого моря**

**Vakhrameeva P.S.<sup>1,2</sup>, Ponomareva V.V.<sup>3</sup>, Abbott P.M.<sup>4</sup>,  
Novikova A.V.<sup>5</sup>, Repkina T.Yu.<sup>5</sup>, Romanenko F.A.<sup>5</sup>**

(<sup>1</sup>Arctic and Antarctic Research Institute, St.Petersburg; <sup>2</sup>Saint-Petersburg State University, St.Petersburg; <sup>3</sup>Institute of Volcanology and Seismology, Petropavlovsk-Kamchatsky; <sup>4</sup>Swansea University, Swansea, UK; <sup>5</sup>Moscow State University, Moscow)

**First cryptotephra findings in Holocene sediments from the  
White Sea region**

Ключевые слова: тефрохронология, криптотефра, вулканическое стекло, торфяник, голоцен, Белое море, российская Арктика

Тефрохронология как метод датирования и синхронизации осадочных четвертичных разрезов начала развиваться в вулканических районах, таких как Исландия и Новая Зеландия, где эксплозивные извержения оставляют после себя в осадках серии видимых пепловых прослоев, являющиеся по существу изохронными горизонтами. Однако тефра распространяется далеко за пределы районов своего происхождения и отлагается в дистальных и ультрадистальных районах в виде т.н. криптотефры – частиц тефры, не образующих видимые невооруженным глазом прослои. Для изучения криптотефры разработаны методы, позволяющие извлечь мельчайшие рассеянные частицы тефры из органических и минеральных отложений и надежно определить их химический состав. Такие исследования позволили кардинально расширить применение тефрохронологии и использовать ее не только для датирования, но и для точных региональных и межрегиональных корреляций различных осадочных разрезов – морских, континентальных и ледниковых, на что не способен ни один другой геохронологический метод [1]. Кроме того, с помощью криптотефрохронологии возможно выявить вулканическое воздействие на природную среду и оценить потенциальную связь вулканизма с изменениями климата, а также, что важно для палеовулканологии, провести переоценку площадей распространения пеплов и объемов изверженного материала ряда крупных извержений.

В России изучение удаленных пеплов в четвертичных отложениях пока не получило должного распространения. В европейской части России до

сих пор найдена всего одна криптотефра – пепел Ведде исландского происхождения из озерных отложений под Санкт-Петербургом [2]. Известны также находки видимых прослоев средиземноморских пеплов в центральной и южной России. Несколько случаев обнаружения видимых тефровых горизонтов известно на востоке России: в береговых обнажениях на арктическом побережье Чукотки, на р. Майн, в осадочной колонке оз. Эльгыгытгын и в районе Магадана [3-7]. Кроме того, наши текущие исследования осадочной колонки из Чукотского моря показывают, что в морских осадках арктического шельфа также содержится большое количество вулканического стекла [8]. Эти пеплы связаны в основном с вулканическими поясами северной Пацифики (Курило-Камчатский и Аляскинско-Алеутский).

На наш взгляд, внедрение криптотефрохронологии в практику палеогеографических исследований в России помогло бы отчасти преодолеть острые проблемы, связанные с датированием и корреляцией четвертичных разрезов, и позволило бы более надежно синхронизировать между собой климатические и другие события прошлого, реконструируемые в различных регионах. Работы последних лет демонстрируют, что отдельные пеплы могут быть найдены на расстоянии до 7 тыс. км от вулкана-источника, поэтому есть основания ожидать нахождения удаленных тефр и на территории России. Следовательно, необходимо, в первую очередь, оценить потенциал метода для различных регионов страны. В связи с этим мы проводим целенаправленные исследования по поиску и идентификации криптотефр в четвертичных отложениях российской Арктики. Так, в настоящее время ведется работа над колонкой голоценового торфяника из района Белого моря, которая, мы надеемся, позволит расширить ареалы распространения некоторых исландских тефр на восток. В докладе представлены первые результаты этой работы.

Колонка 2014-1Р (66°32'43" с.ш., 33° 6'21" в.д.) длиной 5.2 м отобрана в ноябре 2014 г. на низинном болоте, образовавшемся в палеокотловине оз. Водопроводное на п-ове Киндо Карельского берега Белого моря. В разрезе выделены слои торфа (0-3.50 м), сапропеля (3.50-4.80 м) и разнотравного песка (4.80-5.20 м). Возраст разреза можно с достаточной долей уверенности оценить по результатам радиоуглеродного анализа ранее изученной колонки 2004-11 (расстояние между точками отбора колонок – 13 м), согласно которым возраст органической части разреза (0-4.80 м) составляет  $8350 \pm 60$   $^{14}\text{C}$  л.н. /  $9369 \pm 72$  кал. л.н. [9].

Мы используем наиболее распространенный подход в изучении криптотефры, который заключается в экстракции частиц вулканического стекла из осадков и последующей идентификации их источника по химическому составу при помощи электронного микрозонда и метода масс-спектрометрии индуктивно-связанной плазмы с лазерной абляцией. Для

обнаружения скрытых пепловых горизонтов в торфе и других осадках могут использоваться различные сканирующие методы, но они оказываются неэффективными в случае малых концентраций тефры, так что приходится проводить непрерывное опробование разреза и обработку каждой из таких бороздовых проб. Таким образом, из органогенной части нашего керна было непрерывно отобрано 94 бороздовые пробы мощностью 5-10 см. Лабораторные анализы выполнялись в Лаборатории им. Отто Шмидта, ААНИИ, С-Петербург, и в Университете г. Суонси, Великобритания.

Обработка проб для экстракции вулканического стекла зависит от состава осадков. Удаление органики из проб мы проводили по методике, описанной в [10]: лиофильное высушивание и прокаливание проб, обработка зольного остатка 10%HCl. Затем путем мокрого просеивания через одноразовые нейлоновые сетки из зольных остатков выделялась размерная фракция 25-80  $\mu\text{m}$ . Последняя подвергалась плотностной сепарации с помощью тяжелой жидкости (поливольфрамат натрия) [11]. Этот метод эффективен в первую очередь для риолитового стекла, т.к. позволяет сконцентрировать его в узкой плотностной фракции (2.3-2.5 г/мл), отделив, с одной стороны, от более легких биогенных компонентов, а с другой – от большинства более тяжелых зерен минералов, и таким образом делает возможным его обнаружение. Поскольку, как правило, продукты эксплозивных извержений имеют кислый или средний состав, то в большинстве случаев этого достаточно. Однако значительная часть исландских тефр имеет основной состав, т.е. содержит базальтовое вулканическое стекло, которое теоретически попадает в тяжелую фракцию (>2.5 г/мл). Выделить стекло из этой фракции позволяет магнитная сепарация, но в данном случае этого не требовалось, поскольку фракция >2.5 г/мл содержала очень мало материала.

Из фракций 2.3-2.5 г/мл и >2.5 г/мл были приготовлены слайды на канадском бальзаме и изучены под оптическим микроскопом. Пока получены результаты только по 10 бороздовым пробам, тем не менее, они выглядят весьма обнадеживающими. В 4 из 10 проб во фракции >2.5 г/мл были найдены частицы, которые по совокупности морфологических и оптических признаков можно с большой долей уверенности идентифицировать как частицы базальтового стекла. При этом значительное число частиц было зафиксировано в одной пробе. В 7 из 10 проб во фракции 2.3-2.5 г/мл найдено незначительное количество частиц, которые возможно являются осколками риолитового стекла.

Таким образом, предварительные данные показывают, что в колонке 2014-1Р имеются криптотефровые горизонты, скорее всего, исландского происхождения. Несколько удивительно обнаружение базальтового вулканического стекла, учитывая, что подобные находки редки даже в гораздо более близко расположенных к Исландии разрезах. Мы планируем в ближайшее время завершить рекогносцировочные исследования всех

бороздовых проб, после чего можно будет сделать предположительные выводы относительно количества и примерного возраста пеплов и наметить горизонты, перспективные для дальнейших исследований. Сопоставление этих горизонтов с уже известными извержениями будет возможно по результатам геохимических анализов. Находка вулканического стекла вблизи побережья Белого моря показывает, что криптотефра может быть обнаружена и в морских отложениях, что позволит использовать ее для датирования и корреляции осадочных колонок.

Авторы выражают благодарность Н.В. Шевченко и Н.Н. Луговому с кафедры геоморфологии и палеогеографии геогр. ф-та МГУ за отбор колонки. Работа выполнена при поддержке грантовой программы российско-германской Лаборатории им. Отто Шмидта (проект OSL-15-19).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Davies, S.M. (2015). Cryptotephra: the revolution in correlation and precision dating. *Journal of Quaternary Science* 30, 114-130.
2. Wastegård, S., Wohlfarth, B., Subetto, D.A. et al. (2000). Extending the known distribution of the Younger Dryas Vedde Ash into northwestern Russia. *Journal of Quaternary Science* 15, 581-586.
3. Котов А.Н., Рябчун В.К. Криолитологическое строение обнажения «Ледовый обрыв» (Центральная Чукотка). Геокриологические исследования. М., Изд-во Моск. Ун-та, 1986. С. 114-120.
4. Котов А.Н. Аласный и ледовый комплексы отложений северо-западной Чукотки (побережье-Востоно-Сибирского моря). *Криосфера Земли*. 1998, т. II, №1. С. 11-18.
5. Смирнов В.Н., Глушкова О.Ю. Верхнеплейстоценовые ленточные залежи вулканического пепла в северном Приохотье. *Доклады Академии наук*. 2013. Т. 451, № 2, с. 211-220.
6. Ponomareva, V., Portnyagin, M., Derkachev et al. (2013). Identification of a widespread Kamchatkan tephra: A middle Pleistocene tie-point between Arctic and Pacific paleoclimatic records. *Geophysical Research Letters* 40, 3538-3543.
7. van den Bogaard, C., Jensen, B.J.L., Pearce, N.J.G. et al. (2014). Volcanic ash layers in Lake El'gygytgyn: eight new regionally significant chronostratigraphic markers for western Beringia. *Clim. Past* 10, 1041-1062.
8. Ponomareva V., Polyak L., Portnyagin M. et al. A Holocene cryptotephra record from the Chukchi margin: the first tephrostratigraphic study in the Arctic Ocean. *Proceedings of the II PAST Gateways International conference and workshop, Trieste, Italy, May 19-23, 2014*, 69-70.
9. Романенко Ф. А., Шилова О. С. Последледниковое поднятие Карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений п-ова Киндо. *ДАН, География*, 2012, т. 442, № 4, с. 544–548.

10. Pilcher, J.R., Hall, V.A. (1992). Towards a tephrochronology for the Holocene of the north of Ireland. *The Holocene* 2, 255–259.
11. Turney, C.S.M. (1998). Extraction of rhyolitic ash from minerogenic lake sediments. *Journal of Paleolimnology* 19, 199–206.

Due to discovery of numerous cryptotephra horizons in distal sediments tephrochronology has become a powerful tool for dating and correlating Quaternary sedimentary sequences in many parts of the world. However, cryptotephra studies have never been attempted in the European part of Russian Arctic. Here we report the first findings of volcanic glass in the Holocene peat from the White Sea coast. These suggest that cryptotephra may be found in the marine sediments as well.