

Применение палинологических данных для определения сезона извержения в прошлом на примере извержения вулкана Новарупта в 1912 году на Аляске, США
Dirksen V.G., Dirksen O.V., Nazarova M.A.

Using pollen data to detect a season of past volcanic eruption: a case study of the 1912 Novarupta eruption in Alaska, USA

Dirksen V.G., Dirksen O.V., Nazarova M.A.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;
e-mail: dirksenvg@kscnet.ru*

Представлены результаты реконструкции воздействия на экосистемы извержения вулкана Новарупта в 1912 г. на Аляске, США, и апробации методики определения сезона извержения по палеоданным. На основе состава микрофоссилий из тефры установлено, что извержение произошло в мае – июне, и это прекрасно согласуется с известной датой извержения – 6 июня.

Системный мониторинг вулканической активности и ее влияния на природную среду ведется с начала XX века. За это время произошло лишь несколько сильных (VEI 6) извержений. Поэтому очевиден интерес к таким событиям в прошлом, а также к попыткам реконструкции экологических последствий извержений и постэруптивных процессов. Источником необходимой информации служат палеозаписи с высоким временным разрешением различных прокси, в том числе палинологические [7].

Палеоэкологические исследования влияния вулканических извержений на природную среду прошлого достаточно многочисленны и разнообразны. Они основаны на изучении палеозаписей до и после конкретных извержений, фиксируемых в отложениях (в том числе, льдах) слоями соответствующих вулканических пеплов. Однако палеоданные непосредственно из пеплов до сих пор крайне ограничены, а их интерпретация противоречива [6]. Между тем, они несут информацию о природных условиях в момент извержения, в том числе, о времени года.

Данные о сезоне извержений имеют довольно широкое применение. Они используются, например, в палеоклиматическом моделировании и гляциологии. Особую значимость такие данные представляют для реконструкций вулканического поражения экосистем и их последующего восстановления в регионах умеренных и высоких широт, где сезонность ясно выражена. Так, для наземных экосистем наличие снежного покрова в момент извержения смягчает поражающее вулканическое воздействие. Для водных экосистем попадание тефры в воду изменяет ее прозрачность, pH и химический состав, что, в свою очередь, влияет на состояние биоты и биопродуктивность. В целом, замедление процессов функционирования экосистем в зимний период замедляет их реакцию на негативное воздействие и, тем самым, служит им защитой. Напротив, в начале сезона вегетации экосистемы наиболее уязвимы, и поэтому воздействие на них пеплопадов в это время может быть более деструктивным.

При реконструкции воздействия на экосистемы крупнейшего в голоцене извержения на Камчатке Курильское озеро – Ильинская (КО) 7600 ¹⁴C л.н. была предпринята первая попытка установить сезон извержения по составу спорово-пыльцевых спектров (СПС) из тефры [2]. Была предложена методика получения подобного рода данных и их интерпретации [1]. Однако эта методика требует верификации на примере как датированных исторических извержений, так и извержений прошлого с неизвестным сезоном.

В настоящей работе представлены новые данные, полученные для извержения вулкана Новарупта на Аляске 6 июня 1912 г. Это одно из крупнейших извержений последнего времени (VEI 6), достаточно хорошо изученное. Объем изверженных продуктов составил ~11 км³. Отложения пирокластического потока мощностью от ~30 до 230 м заняли обширную территорию [5], названную позднее Долиной десяти тысяч дымов (Valley of Ten Thousand Smokes, VTTS). Это событие можно рассматривать как ближайший современный аналог голоценового извержения КО на

Камчатке, что повлияло на выбор объекта изучения. Кроме того, близость природных условий Аляски и Камчатки (современный вулканизм, ландшафтно-климатические условия, растительность) и наличие объединяющего их этапа развития в прошлом (Берингийский мост суши) облегчает сопоставление данных и их интерпретацию.

Серия из 5 образцов была отобрана из естественного обнажения почвенно-пирокластического чехла (ППЧ) в борте реки Уинди-крик (Windy Creek), у края поля туфов VTTS, где их мощность резко снижается и выклинивается (рис. 1). Снизу-вверх в разрезе были опробованы следующие слои: (1) ~20 см погребенной примитивной почвы (3 обр.); (2) горизонт углей в кровле погребенной почвы на контакте с тефрой (1 обр.); (3) ~30 см пемзовой тефры извержения 1912 г.; из них нижние 3 см – это тонко-/мелкозернистые пески (1 обр.), выше сменяющиеся плохо сортированными песками и мелким гравием (рис. 2). Дополнительно была отобрана серия из 5 образцов с поверхности отложений пирокластического потока в точках с несформированной растительностью на различных стадиях зарастания. Обработка образцов для палинологического анализа проводилась по стандартной методике [4]. Для оценки относительной концентрации таксонов в обработке использовались измеренные объемы материала от 5 до 15 мл, в зависимости от содержания органического вещества. Процентное содержание всех компонентов СПС, включая остатки растительного и животного происхождения (NPP), рассчитывалось от общей суммы пыльцы и спор.



Рис. 1. Местоположение обнажения ППЧ (отмечено звездочкой). На заднем плане виден уступ пирокластического потока. Фото А.Н. Рогозина.

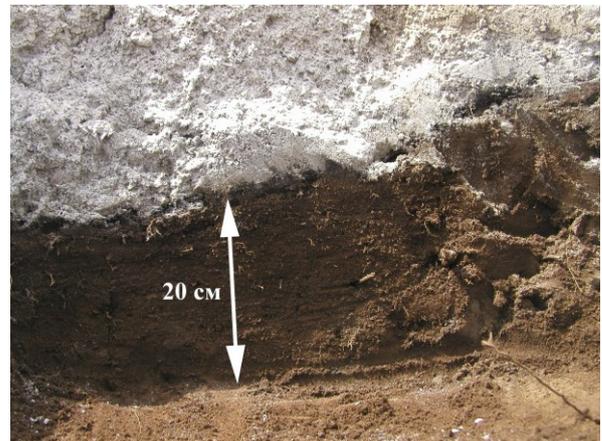


Рис. 2. Обнажение ППЧ крупным планом. Указана мощность погребенной почвы. Фото А.Н. Рогозина.

Три СПС погребенной почвы характеризуются высокой относительной концентрацией. Преобладают травянистые таксоны; среди них доминирующие злаки снизу-вверх заменяются полынью. Постоянно присутствует в небольшом количестве пыльца осок, вересковых, видов разнотравья и споры *Polypodiaceae*. Содоминантом выступает пыльца ольховника в количестве 20-30 %. Единично отмечена пыльца ивы, ели и карликовой березки. Характерно обилие типичных обитателей почв: раковин амёб *Assulina*, *Arcella*, *Centropyxis*; остатков грибов. В верхнем СПС отмечен пик содержания спор *Glomus*.

Состав СПС почвы характеризует природные условия территории до извержения. Постоянная примесь пирокластики в почве свидетельствует о нестабильности условий вулканически активного района, развитии процессов переотложения продуктов прошлых извержений окружающих вулканов. Основные типы растительности района в начале XX века, очевидно, были теми же, что описаны в настоящее время [3, 8], что позволяет соотносить пыльцевые таксоны с конкретными эдификаторами сообществ и реконструировать растительность прошлого. Можно

заклучить, что на примитивных почвах палеодолины VTTS растительный покров не был сомкнутым, здесь преобладали злаковые (возможно, вейниковые) и разнотравные сообщества лугового типа. Кустарники из ольховника *Alnus viridis ssp. sinuata* (sitka alder [3, 8], аналог камчатского ольхового стланика *Alnus fruticosa*) занимали горные склоны и борта долины. На водоразделах и выровненных поверхностях доминировали сообщества карликовых кустарничков с преобладанием *Empetrum nigrum* (шикша), участием *Betula nana* (карликовая березка, аналог камчатского вида *Betula exilis*) и видами вересковых (Ericaceae), а также несомкнутые группировки серийной растительности. Из деревьев вероятно присутствие ив и ели *Picea glauca* (white spruce) [8] в виде отдельных групп и разреженных древостоев вдоль рек. В верхнем СПС почвы повышается содержание пыльцы полыни, источниками которой могли быть *Artemisia frigida* и *A. arctica*, широко распространенные на открытых каменистых субстратах. Пик пыльцы полыни и спор *Glomus*, а также общее снижение относительной концентрации пыльцы позволяют говорить об усилении процессов эрозии в палеодолине VTTS к началу извержения Новарупта.

По сравнению с СПС погребенной почвы, СПС современной поверхности туфов VTTS отличаются очень низкой относительной концентрацией таксонов и абсолютным преобладанием пыльцы ольховника (~65-80 %). Травянистых таксонов почти нет: единично отмечены злаки и осоки. В небольшом количестве встречаются споры и пыльца кустарников. Среди деревьев заметна пыльца ели (до ~10 %) и древесной березы. В образцах с примесью органики обильны раковины амёб *Assulina* и *Centroporixis*. Подобный состав СПС характерен для участков с несформированной растительностью: преобладают заносные компоненты при отсутствии пыльцы местных видов и общей низкой концентрации [4]. Поселение почвенных микроорганизмов свидетельствует о начале почвообразования, однако большая часть поверхности туфов VTTS спустя более 100 лет после извержения остается пустынной.

СПС из горизонта углей и тефры по своим характеристикам ближе друг к другу, чем ко всем СПС, рассмотренным выше. Горизонт углей состоит из обугленных остатков тканей растительного и животного происхождения; в нем преобладают крупные фрагменты эпидермиса злаковых растений. В составе СПС доминирует ольховник, много пыльцы карликовой березки. Среди травянистых таксонов преобладают вересковые (~25 %) и злаковые (~20 %), полынь исчезает. Отмечается повышенное участие спор, прежде всего, сфагновых мхов, а также снижение относительной пыльцевой концентрации. Среди NPP таксонов обильны споры грибов *Gelasinospora* sp., обычные в горизонтах углей, и остатки животного происхождения (преобладают Oribatid mites).

СПС из подошвы горизонта тефры отличается всех от остальных. В нем абсолютно преобладает пыльца вересковых (~80 %), скорее всего, различных родов и видов. В небольшом количестве присутствует пыльца ольховника и карликовой березки, единично встречается пыльца ели. Травянистых таксонов почти нет: единично отмечены злаки и осоки. Споры растений также немного: встречаются сфагновые мхи, плауны и Polypodiaceae. Количество углей заметно сокращается, но среди них по-прежнему преобладают крупные растительные ткани, включая фрагменты эпидермиса злаковых. Остатков животного происхождения практически нет. Концентрация микрофоссилий выше, чем в слое углей, но ниже, чем в почве. Сохранность пыльцы в целом крайне неоднородная: от обугленных до близких к рецентным зерен. Большая часть пыльцы вересковых несет следы деформации.

Можно заключить, что оба описанных выше спектра синхронны, при этом СПС горизонта углей фиксирует состояние поверхности почвы в конкретной точке в момент извержения, а СПС тефры несет информацию о состоянии геоконплексов на территории большего охвата. Состав углей позволяет предположить, что вейниковые луга на днище палеодолины VTTS сгорели в начале извержения из-за выпавшей

горячей тефры. Однако массовое цветение злаковых в этих сообществах еще не началось: содержание их пыльцы в горизонте углей значительно ниже, чем в почве, а в тефре ее почти нет. Извержение произошло, по-видимому, в период цветения ольховников на склонах палеодолины, поскольку их пыльца преобладает в горизонте углей. Однако самым ярким сигналом, который может служить индикатором сезона извержения, является пик содержания пыльцы вересковых, зафиксированный как в тефре, так и в горизонте углей. Обычно этот пыльцевой таксон встречается в небольших количествах, как, например, в СПС почвы. Аномально высокое содержание пыльцы вересковых указывает на то, что извержение произошло во время массового цветения растений этого семейства. Источниками пыльцы, по-видимому, выступали сообщества карликовых кустарничков на водоразделах палеодолины VTTS. Пыльцевые зерна были захвачены частицами тефры в момент выпадения; можно предположить, что деформация зерен произошла из-за контакта с горячей пирокластикой.

Несмотря на сложности с определением видовой принадлежности поврежденной пыльцы вересковых, можно в довольно узком диапазоне определить время массового цветения их растений-источников на основе фенологических данных [8]. Так, время цветения основного доминанта сообществ кустарничков *Empetrum nigrum* (шикша) май – начало июня; содоминантов *Vaccinium uliginosum* (голубика) – конец мая – июнь; *Arctostaphylos alpina* (арктоус) – середина мая – начало июня; *Ledum palustre ssp. decumbens* (багульник) – июнь. Цветение ольховника, пыльца которого преобладает в горизонте углей, тоже отмечается в мае – июне, что укладывается в интервал времени цветения вересковых. Кроме того, известная дата извержения Новарупта – 6 июня 1912 г. – также попадает в данный интервал времени. Таким образом, можно заключить, что предложенная методика определения сезона доисторических эксплозивных извержений прекрасно работает и может быть использована в будущем для решения широкого круга задач.

Работа выполнена в рамках темы НИР ИВиС ДВО РАН № FWME-2024-0011.

Список литературы

1. Дирксен В.Г., Дирксен О.В. Использование пыльцевых данных для определения сезона и длительности извержений в прошлом // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXVI Всероссийской научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 30-31 марта 2023 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2023. С. 201-204.
2. Дирксен В.Г., Дирксен О.В. Реконструкция восстановления растительности после катастрофического извержения Курильское озеро – Ильинская 7700 ¹⁴C л.н. на Южной Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2004. № 3. С. 57-85.
3. Boggs K.W., Klein S.C., Grunblatt J.E., Koltun B. Landcover classes, ecoregions and plant associations of Katmai National Park and Preserve. Natural Resource Technical Report NPS/KATM/NRTR – 2003/001 // National Park Service, Fort Collins, Colorado, 2003. 273 p.
4. Faegri K., Iversen J. Textbook of pollen analysis // The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey, 1989. 328 p.
5. Fierstein J., Hildreth W. Preliminary volcano-hazard assessment for the Katmai Volcanic Cluster, Alaska. Open-File Report 00-489 // U.S. Geological Survey, Alaska Volcano Observatory, Anchorage, AK, 2001. 59 p.
6. Mehringer P.J., Blinman E., Petersen K.L. Pollen influx and volcanic ash // Science. 1977. V. 198. № 4314. P. 257-261.
7. Payne R.J., Egan J. Using palaeoecological techniques to understand the impacts of past volcanic eruptions // Quaternary International. 2019. № 499. P. 278-289.
8. Viereck L.A., Little E.L. Alaska trees and shrubs agriculture handbook // United States Dept. of Agriculture, № 410. University of Alaska Press, 1986. 264 p.