

## **Использование пыльцевых данных для определения сезона эксплозивных извержений в прошлом**

*Дирксен В.Г., Дирксен О.В.*

### **Applying pollen data to determine the season of past explosive eruptions**

*Dirksen V.G., Dirksen O.V.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*

*e-mail: dirksen@kscnet.ru*

Впервые разработана методика определения сезона/месяца эксплозивных извержений в прошлом по составу спорово-пыльцевого спектра (СПС) из тефры этих извержений. Апробация методики на тефре извержения Карымского озера (январь 1996 г.) подтвердила ее работоспособность. Изучение СПС тефры извержения кальдеры Курильское озеро-Ильинская позволило установить, что извержение произошло в июне.

Палинологические данные широко используются в качестве основы для реконструкций изменения климата и природной среды в прошлом, а также для хронологии вмещающих отложений. Для получения детальных палеозаписей обычно изучают органогенные отложения озер и торфяников. При этом «пыльцевой дождь» из атмосферы попадает во все типы отложений, в том числе вулканические. Количество выпадающей пыльцы на единицу площади за единицу времени и ее таксономическое разнообразие зависят от характера растительного покрова, его сомкнутости, а также от времени года. От скорости осадконакопления и условий погребения пыльцы зависит ее сохранность и концентрация в отложениях. К настоящему времени известно, что (1) пыльца в вулканических пеплах присутствует, (2) ее сохранность и разнообразие позволяют оценить экологические условия в прошлом и (3) миграция пыльцы по почвенно-пирокластическому профилю не отмечена и, следовательно, пыльцевой спектр горизонта пепла синхронен времени его образования [2, 5]

Несмотря на очевидный интерес, работ по изучению спорово-пыльцевых спектров (СПС) из пеплов очень мало. Одна из них [5] посвящена исследованию пеплов двух крупнейших извержений вулканов Каскадных гор на северо-западе США: Глейшер-Пик (Glacier Peak) (около 11250  $^{14}\text{C}$  л.н.) и Мазама (Mazama) (около 6700  $^{14}\text{C}$  л.н.). На основе количественных и качественных характеристик состава СПС из тефры, отлагавшейся в озере, было предположено, что длительность перерыва между двумя стадиями извержения Глейшер-Пик составила 10-25 лет. Тефра извержения Мазама, мощностью около 8 см в озерных отложениях, была изучена послойно, что позволило оценить длительность извержения (около 3 лет), а также сделать заключение о сезоне начала извержения и его завершения. Однако, особенности осадкообразования в водной толще вносят значительные погрешности в полученные результаты, вследствие чего эта методика в дальнейшем не применялась.

Нами разработана принципиально новая методика определения времени (сезона или месяца) доисторических эксплозивных извержений. На Камчатке подобные работы ранее не проводились. Первые данные по СПС из пеплов были получены нами при изучении почвенно-пирокластических чехлов (ППЧ) в качестве сопутствующих материалов, и их значимость была оценена далеко не сразу. Методика интерпретации СПС основана на следующих подходах:

1. Количественные характеристики «пыльцевого дождя» (количество пыльцы на  $\text{см}^2$  в год) рассчитываются на основе данных о количестве пыльцы в конкретном объеме осадка с известным возрастом формирования. При этом абсолютные значения количества пыльцы СПС определяются с помощью добавленных при обработке образцов маркеров (например, таблетки со спорами *Lycopodium*). Возраст отложений может быть установлен по глубинно-возрастным моделям на основе  $^{14}\text{C}$  датирования и/или тефрохронологии.

Например, установлено, что  $1 \text{ см}^3$  почвы, взятой для пыльцевого анализа, формировался 100 лет. В образце насчитано 100 000 зерен. Тогда «пыльцевой дождь» составит 1000 зерен на  $1 \text{ см}^2$  в год, в этом временном промежутке. Соответственно, обратная задача позволит решить, по количеству подсчитанных пыльцевых зерен в известном объеме тефры, за какое время она выпала.

2. В основе качественной характеристики СПС лежат данные о статусе таксонов и уровне их информативности (региональный, локальный, узколокальный), фенологии (календарь начала и длительности цветения растений-источников пыльцы), морфологических особенностях пыльцевых таксонов и уровне их продуктивности.

Например, известно, что на Камчатке ольховый стланик зацветает в конце мая – начале июня, за ним следуют березы и кедровый стланик. В июле цветут злаковые растения и разнотравье, в августе-сентябре – полыни. Сроки цветения могут сдвигаться на 1-3 недели, следуя широтной и высотной поясности растительности. Аэродинамические свойства пыльцевых зерен, связанные с их размерами и морфологией, определяют время нахождения пыльцы в воздухе и дальность ее транспортировки. Так, пыльца кедрового стланика имеет воздушные мешки и способна переноситься на большие расстояния, а пыльца лиственницы, напротив, далеко не летит, поскольку таких мешков не имеет. Осенью, когда сезон вегетации заканчивается, концентрация пыльцы резко падает и остается крайне низкой в зимний период и ранней весной. Однако даже в это время наиболее летучие и высокопродуктивные пыльцевые таксоны в «пыльцевом дожде» присутствуют.

По данным изучения субрецентных СПС установлено, что во время дождя/снега выпадение «пыльцевого дождя» становится интенсивнее, по-видимому, за счет вымывания из атмосферы и осаждения пыльцы каплями/кристаллами воды [1]. Можно предположить, что похожий процесс происходит во время извержения и выпадения пироклаستي. Вероятно также, что эффект осаждения пыльцевых зерен тефрой усиливается в случае фреатомагматического извержения, поскольку присутствие влаги обеспечивает лучшее налипание зерен на частицы тефры. Таким образом, количественная характеристика СПС из отложений пирокластики может быть использована для оценки длительности их формирования, а качественная характеристика СПС поможет установить сезон, а возможно, даже месяц извержения, при наличии детальных региональных фенологических данных (рисунок). Ниже мы приводим два примера использования предложенной методики.

Для апробации методики нами была отобрана серия образцов из разреза ППЧ на кромке северного борта кальдеры Академии Наук, подверженного наибольшему воздействию во время фреатомагматического извержения 1996 г. в Карымском озере. Полученные палинологические данные позволили охарактеризовать состояние растительности района до и после извержения [2]. СПС из подошвы тефры извержения 1996 г. обладал очень низкой пыльцевой концентрацией и состоял в основном из таксонов регионального уровня. Среди них кедровый стланик, способный распространяться на большие расстояния; ольховник и каменная береза, обладающие высокой продуктивностью. Такие спектры, в которых локальные компоненты практически отсутствуют, можно рассматривать в качестве «фоновых», формирующихся на ледниках или в горах выше границы распространения растительности [1]. В данном случае, СПС из тефры характеризует период вне сезона вегетации (зима – ранняя весна). Данное извержение началось 2 января 1996 г., и это прекрасно согласуется с нашими выводами.

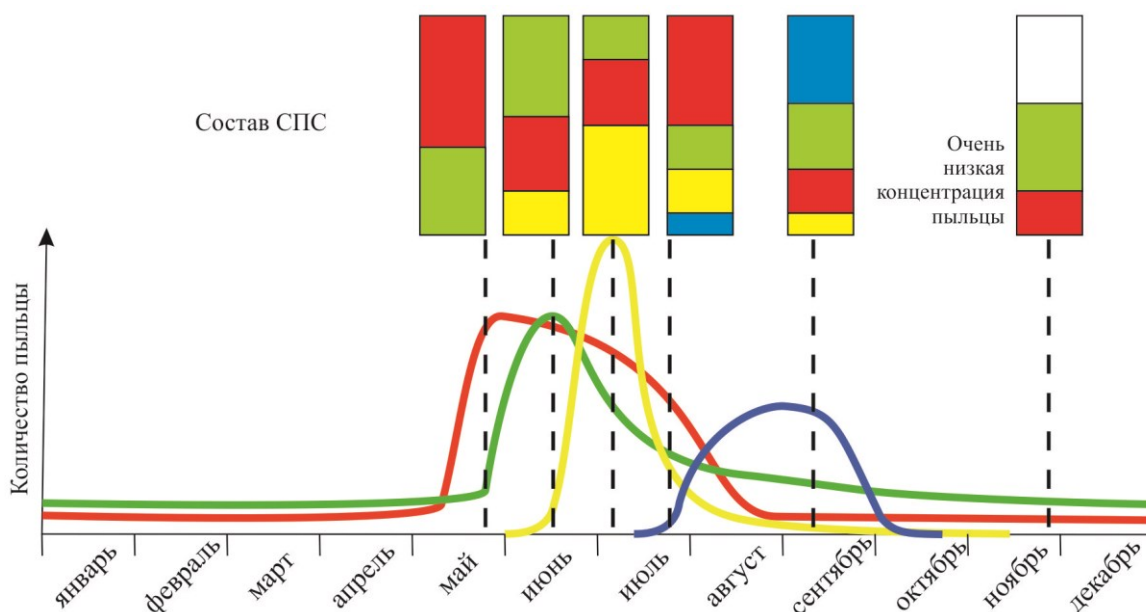


Рисунок. Принципиальная схема интерпретации пыльцевых спектров из вулканических пеплов для установления времени (сезона) начала извержения. Цвета линий условно обозначают следующие таксоны: красный – ольховник; зеленый – каменная береза; желтый – злаковые; синий – полыни. Вертикальными пунктирами показаны возможные соответствия между составом СПС и сезоном (месяцем) года.

На Южной Камчатке, в долине р. Орешкова, в 12 км юго-восточнее Курильского озера, нами была отобрана серия образцов из разреза ППЧ, в том числе из подошвы тефры извержения Курильское озеро-Ильинская 7600  $^{14}\text{C}$  л.н. (КО). На основе изучения СПС разреза была выполнена реконструкция поражения экосистем в результате катастрофического извержения КО, а также темпы и направленность их постэруптивного восстановления [3]. СПС из тефры КО характеризовался высокой относительной концентрацией пыльцевых зерен. В нем отмечено повышенное содержание пыльцы ольхового стланика, присутствие пыльцы каменной березы и ивы, единичное участие пыльцы травянистых растений. Набор таксонов в СПС в целом сопоставим с таковым из СПС погребенной почвы: до извержения в растительном покрове района преобладали ольховостланиковые сообщества. Соотношения таксонов в СПС и высокая концентрация пыльцы позволяют предположить, что извержение произошло в начале сезона вегетации, скорее всего, в июне, когда цветут ольховник, ивы и каменная береза, при этом массовое цветение травянистых растений еще не началось.

Таким образом, предложенная методика может быть использована для установления сезона доисторических эксплозивных извержений. Полученные результаты интересны с точки зрения реконструкций экологического эффекта извержений, оценки степени поражения и темпов восстановления природных экосистем и, в целом, для лучшего понимания механизмов влияния вулканизма на природную среду. Кроме того, сезон извержения может в отдельных случаях определять не только характер извержения (фреатическое/фреатомагматическое/магматическое), но и набор событий, связанных как с самим извержением, так и с постэруптивным периодом [4]. Анализ временного распределения сезонности извержений на конкретном вулкане позволит разработать более достоверный прогноз вулканической опасности в случае будущих извержений.

### Список литературы

1. Дирксен В.Г. Палинологические особенности современных ландшафтов гор севера Внутренней Азии. Дис. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук. Санкт-Петербург, 1999. 256 с.

2. *Дирксен В.Г., Дирксен О.В.* Динамика растительности и экологические последствия извержений 1996 года в Карымском вулканическом центре, Камчатка // *Вулканология и сейсмология*. 2007. № 3. С. 1-13.
3. *Дирксен В.Г., Дирксен О.В.* Реконструкция восстановления растительности после катастрофического извержения Курильское озеро – Ильинская 7700 <sup>14</sup>С л.н. на Южной Камчатке // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2004. № 3. С. 57-85.
4. *Froese D.G., Zazula G.D., Reyes A.V.* Seasonality of the late Pleistocene Dawson tephra and exceptional preservation of a buried riparian surface in central Yukon Territory, Canada // *Quaternary Science Review*, 2006. V. 25. P. 1542-1551. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.01.028>
5. *Mehring P.J., Blinman E., Petersen K.L.* Pollen influx and volcanic ash // *Science*. 1977. V. 198. № 4314. P. 257-261.