

Исследования

ЛЕДНИКОВЫЕ КЕРНЫ ЭЛЬБРУСА КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО РЕГИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

В условиях глобальных изменений климата и растущей антропогенной нагрузки на природную среду региональный мониторинг атмосферы приобрёл особую актуальность. В ряду источников информации о современном состоянии атмосферы ледники занимают особое место, поскольку имеют высокое временное разрешение получаемых данных и содержат комплексные сведения об атмосфере и присутствующих в ней аэрозолей минерального и биологического происхождения. В настоящее время в рамках проекта РФ (17-17-01270) совместными усилиями сотрудников отдела гляциологии Института географии РАН и кафедры физической географии и ландшафтоведения МГУ им. М.В. Ломоносова проводятся исследования биологических маркеров современных ледниковых кернов Западного плато Эльбруса. Несмотря на высокую степень изученности данного региона в физико-географическом отношении, подобные исследования для него проводятся впервые.

Предварительные результаты биологического анализа показали, что палинологические спектры ледниковых кернов Эльбруса отличаются таксономическим разнообразием – в пробах были обнаружены 29 таксонов высших растений, 5 споровых, 7 разновидностей грибов, 1 род раковинных амёб, сферический сажистый углерод и микроуголь. Для ледников, расположенных на столь значительных абсолютных высотах порядка 5000 м, подобное разнообразие поистине удивительно. Специфичной чертой палинологических спектров оказалась их представленность преимущественно местными видами Кавказа, тогда как последние исследования содержания аэрозолей и атмосферной пыли в ледниковых кернах Эльбруса выявили значительное число территорий-источников поступления микрочастиц на Эльбрус, среди которых регион Средиземноморья, Турция, Восточная и Западная Европа, Ближний Восток, Северная Африка и юг России. Другой интересной особенностью палинологических спектров оказалась наглядная фиксация западного переноса, проявляющаяся в абсолютном преобладании пыльцы ели, формирующей верхнюю часть лесного пояса Западного Кавказа, над пыльцой сосны, распространённой в верхней части лесного пояса Центрального Кавказа и, в частности, на Эльбрусе. Количественные и качественные различия в концентрации микрочастиц обусловлены сезонами года и присущими им конвективными потоками.

Зимние спектры, ввиду снижения конвективных потоков над Эльбрусом в данный сезон года, характеризуются минимальной концентрацией микрочастиц и низким таксономическим разнообразием. Зимой в ледниках аккумулируется исключительно пыльца основных древесных пород Кавказа – сосна, ель, дуб, ольха и берёза, в незначительном количестве встречается микроуголь и полностью отсутствует сажистый углерод.

Весенние спектры, ввиду вегетации растений в этот период, характеризуются максимальной концентрацией пыльцы древесных, а также значительным таксономическим разнообразием трав. Специфичным является значительное превышение концентрации пыльцы широколиственных пород над хвойными, тогда как последние характеризуются максимальным радиусом заноса ввиду морфологических особенностей пыльцевых зёрен. Пыльца хвойных и широколиственных пород представлена местными таксонами, среди которых сосна,

ель, дуб, липа, вяз, лещина, граб, бук, орех, ольха, ива и берёза. Из числа травянистых таксонов преобладают злаки и полыни, также встречаются маревые, астровые, зонтичные и кипрейные. В спектрах этого периода обнаружена пыльца антропогенных индикаторов – василька синего, конопля, подорожника и щавеля. Из числа споровых был обнаружен сфагнум, плаун булавовидный, произрастающий в горно-лесном и субальпийском поясах Кавказа, а также хвощ, широко распространённый на Кавказе главным образом во влажных гигротопах. Пробы весеннего периода отличаются низкой концентрацией сажистого углерода и значительной концентрацией микрочастиц угля, которая, по всей видимости, связана с явлением весенних палов.

Летние спектры характеризуются низкими концентрациями пыльцы древесных – в спектрах данного сезона в незначительном количестве присутствует пыльца берёзы и ольхи, единично встречается пыльца сосны, ели, и липы. Из числа древесных стоит отметить обнаруженное в летних спектрах пыльцевое зерно хмелеграба, произрастающего в низкогорьях и среднегорьях Северного Кавказа и на Черноморском побережье и занесённого с данных территорий. Спорово-пыльцевые спектры летнего периода отличаются максимальной концентрацией травянистых таксонов, среди которых преобладают злаки и полыни, маревые, зонтичные и губоцветные. Антропогенные индикаторы летнего сезона представлены культурными злаками. Встречается также пыльца бобовых, капустных, розоцветных, астровых и лилейных. Из числа споровых растений в летних спектрах были обнаружены орляк и многоножковые. Для летнего периода характерна максимальная концентрация микрочастиц угля, что, очевидно, связано с повышенной частотой пожаров как природного, так и антропогенного происхождения в данный сезон года, а также повышенная в сравнении с зимне-весенним периодом концентрация сажистого углерода.

Осенние спектры характеризуются невысокими концентрациями микрофоссилий – среди пыльцы древесных преобладает сосна, ольха и берёза, в незначительном количестве присутствует пыльца ели, дуба, липы, лещины и вяза. Пыльца трав представлена злаками и полынными, астровыми, маревыми и губоцветными. В спектрах осеннего периода заметно сокращаются антропогенные индикаторы и, в сравнении с другими сезонами года, наблюдаются максимальные концентрации сажистого углерода в образцах.

Проведённые исследования показали, что ледниковые керны, ввиду значительного содержания различных биологических маркеров, обладают высоким потенциалом фиксации биотических взаимосвязей. Так, в весенних спектрах была обнаружена взаимосвязь между сфагновыми мхами и паразитирующими на них грибами *Geoglossum sphagnophilum*, которые одновременно встречались в образцах данного сезона. В весенних спектрах также был идентифицирован плесневый гриб *Alternaria alternata*, средой жизнедеятельности которого являются отмершие части растений, прелые листья и трава, высвобождающиеся из-под снега в весенний период. В летних спектрах был обнаружен ржавчинный гриб *Puccinia*, который, будучи микромицетом-возбудителем стеблевой ржавчины преимущественно злаковых, присутствовал исключительно в летних образцах, содержащих максимальные концентрации пыльцы данного семейства растений. Как в весенних, так и в летних спектрах был обнаружен гриб-паразит *Pithomyces chartarum*, наиболее часто встречающийся на кормовых травах, пыльца которых в обильных количествах присутствовала в спектрах данных сезонов года. О пастбищной активности в весенне-летне-осенний период свидетельствовало наличие в спектрах данных сезонов года копротрофных грибов *Sordaria* и *Coniochaeta*.

Кроме того, настоящее исследование ледниковых кернов Эльбруса является шагом на пути к пониманию экологии многих биологических маркеров, которое в

настоящее время базируется исключительно на исследованиях озёрных и болотных отложений. Так, в весенних спектрах были обнаружены грибы *Trigocladium opacum* и *Entophlyctis lobata*. Считается, что *Entophlyctis lobata* прикрепляется к листьям олиготрофных болотных растений, а также обитает внутри их листовых водяных клеток, поэтому экология этого типа грибов соответствует местам их произрастания; *Trigocladium opacum* находится в органической связи с тонкими фрагментами корней вересковых и его местообитания соответствуют сухим вересковым торфяникам, однако в весенних пробах пыльца вересковых обнаружена не была. Из числа других биологических маркеров стоит отметить обнаруженную в весенних спектрах раковинную амёбу *Arcella*, повсеместно распространённую в увлажнённых биотопах, а также найденные в зимних спектрах бородочки перьев двух видов птиц к настоящему времени неопределённой таксономической принадлежности. Полученный комплекс результатов основывается на анализе первых двух метров льда, и какие загадки таит его оставшаяся, большая, часть, ещё предстоит выяснить.

В.А. Баталова
МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
В.Н. Михаленко
Институт географии РАН, Москва