то, что углекислые соединения выделяются в твердую фазу повсеместно, в водоеме создаются различные условия для их накопления. Карбонаты переходят в твердую фазу в виде мельчайших кристалликов, величина которых измеряется тысячными долями миллиметра и соответствует, вообще говоря, величине пелитовых частиц обломочного материала. Они имеют все объективные данные для отложения там же, где отлагается и тонкий глинистый материал. Поэтому карбонаты в наибольшей степени обогащают осадки глубоких частей водоема.

Изучение процесса образования современных доломитовых осадков в Балхаше важно для выяснения того, какими путями происходило отложение доломитовых пород, широко распространенных среди ископаемых образований. Эта проблема приобретает особый интерес, так как доломиты сами используются промышленностью и, кроме того, с ними связываются месторождения нефти и некоторых других полезных ископаемых.

В связи с намеченной схемой образования известково-доломитовых илов можно думать, что часть ископаемых доломитовых пород также отложилась в бассейнах с солоноватой или пресной водой, а не в водоемах с повышенной соленостью как предполагалось ранее.

Д. Г. Сапожников
Доктор геолого-минералогических наук
Институт геологических наук Академии наук СССР

ЭОЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ЛЕДНИКАХ ТЯНЬ-ШАНЯ

Среди разнообразных форм ледниковых образований в Тянь-Шане часто встречаются ледники плоских вершин. Такие ледники располагаются на сохранившихся в водораздельных частях хребтов — остатках древней денудационной поверхности. Они в виде шапок или караваев венчают рельеф, занимают самые высокие его участки. На поверхность этих ледников, благодаря их положению, не поступает крупнообломочный материал, концы их лишены конечных морен, а слой их донной морены весьма невелик. Подобные ледники весьма обычны в хребтах Терскей-Алатау, Кок-Шаалтау и некоторых других.

Но все же поверхность ледников плоских вершин обычно грязная. Она покрыта тонким слоем серого тонкозернистого материала с очень прочной хорошо выраженной мелкокрупичатой структурой в виде округлых крупинок, диаметром в 1—3 *мм*, яйцевидной или шаровидной формы. Маленькие ледниковые ручейки, текущие в теплое время дня по поверхности льда, переносят этот крупичатый мелкозем. Местами он образует более мощные полосы, валики или конические кучи высотою в 0,5—1,0 *м*. с ледяным ядром внутри, похожие издали на муравейники. Крупинки не размываются ледниковыми водами, во влажном состоянии они лишь слегка набухают. При раздавливании крупинок становится ощутим запах сероводорода. В сухом состоянии они с трудом раздавливаются и при растирании между пальцами дают ощущение тонкой пудры.

Этот мелкозернистый материал встречается также и в толще льда, обусловливая его годичную слоистость, которая хорошо видна в обнажениях льда у краев ледников или в расколах льда на их поверхности.

Ежегодное накопление мелкозернистого материала на поверхности ледников, венчающих вершины хребтов, можно объяснить лишь поступлением пыли из атмосферы (в образовании его может принимать участие и земная, и космическая пыль).

Подобный же мелкокрупичатый мелкозем накапливается и на долинных ледниках, с той лишь разницей, что к нему здесь примешивается крупнообломочный материал, поступающий со склонов.

Надо заметить, что для Тянь-Шаня и особенно его центральной части весьма обычна пылевая мгла. Источником этой мглы, повидимому, являются мощные пылевые бури, столь характерные для центрально-азиатских пустынь, красочные описания которых мы находим в трудах русских путешественников по Центральной Азии [Н. М. Пржевальского (1895), М. В. Певцова (1895), В. И. Роборовского и П. К. Козлова (1896), В. А. Обручева (1895, 1900)]. В Тянь-Шане пылевая мгла появляется в течение лета несколько раз и держится здесь иногда целую неделю. Мгла сопровождается обычно резким падением относительной влажности воздуха.

Кроме того, в Тянь-Шане весьма постоянны местные ветры. Они выдувают мелкозернистый материал с поверхности обнаженных почв высокогорных пустынь Тянь-Шаня и тонкозернистый материал выветривания с поверхности скал.

Мы попытались произвести хотя бы приблизительный количественный учет поступающей на поверхность снега и льда пыли и определить ее состав.

На поверхности скал и льда на различных ледниках хребта Терскей-Алатау раскладывались предметные стекла. Наружная поверхность стекол смазывалась тонким слоем глицерина, для того чтобы

оседающие на поверхности стекол частички приклеивались и не сдувались ветром. Стекла раскладывались попарно, и по истечении суток каждая пара складывалась вместе смазанными глицерином поверхностями. Затем количество и минералогический состав осевшей пыли определялись под микроскопом. Стекла раскладывались и в ясные дни, и в дни со мглою. Подсчеты, произведенные на десяти парах стекол, дали следующие результаты. В ясные дни на поверхность льда, снега и скал оседает за сутки на площади в 1 *см*² от 130 000 до 270 000 минеральных частиц. В составе минеральной пыли преобладают частицы с диаметром около 0,005 *мм* и мельче. В периоды пылевой мглы количество оседающей пыли увеличивается по сравнению с ясными днями почти в три раза.

Минералогический состав пыли, осевшей на стеклах, во всех случаях оказался весьма однообразным. Мелкие частицы пыли представляют собой в большинстве случаев почти изотропные или интерферирующие в темносерых тонах зерна с показателем преломления более низким, чем кварц. Более крупная фракция слагается чешуйками слюдоподобных минералов, которые могут быть отнесены к гидрослюдам и монотермиту. Фракция с диаметром 0,05 *мм* и выше слагается главным образом пластинками биотита, мусковита и хлорита. Здесь же встречаются зерна кварца и полевых шпатов. Обилие первичных и вторичных слюд в составе пыли объясняется, повидимому, их пластинчатым строением. При малом весе они обладают большой поверхностью. Это своеобразные маленькие парашюты, наиболее легко переносимые ветром. Наряду с минералогической пылью на всех стеклах были обнаружены частицы органической пыли в количестве от 600 до 1200 на 1 *см*². В составе органической пыли преобладали клетки зеленых, сине-зеленых и диатомовых водорослей. В значительном количестве были обнаружены споры грибов, лишайников и мхов, а на некоторых стеклах была отмечена пыльца высших растений, и в частности пыльца ели.

Таким образом, наши наблюдения показали реальную возможность накопления на ледниках плоских вершин мелкоземистого материала эоловым путем. Накопление это идет столь энергично, что за лето на поверхности льда успевает образоваться заметный слой мелкозема.

Подобный эоловый материал был собран нами с поверхности ледника плоских вершин и с поверхности ряда долинных ледников в хребте Терскей-Алатау. По внешнему облику все собранные образцы оказались идентичными — их характерным признаком явилась хорошо выраженная мелкокрупичатая структура.

Проведенные анализы механического состава образцов эолового мелкозема показали, что он отличается значительным постоянством и своеобразием. В составе фракции отсутствуют полностью песчаные частицы. Содержание ила невелико. Основную массу мелкозема (90—95%) составляет фракция крупной и мелкой пыли. Таким образом, эоловый мелкозем представляет собой по своему механическому составу пыль.

Наряду с механическим анализом был произведен и агрегатный анализ указанного мелкозема. Он показал, что большинство пылевидных частиц соединяется в водопрочные агрегаты диаметром от 0,25 до 3 *мм*. Исследования крупичатых агрегатов под бинокулярной лупой и микроскопом обнаружили, что каждая структурная крупинка представляет собой сплетение многоклеточных нитей сине-зеленых водорослей, удерживающих внутри клубочка частицы минеральной пыли. Частично водоросли разлагаются, гумифицируются и дают буроватую массу, в которую включены мелкие минеральные частицы. Живые нити водорослей и продукты их гумификации склеивают минеральные частицы, а периодическое замораживание и оттаивание, наряду с окатывающим действием талой ледниковой воды, создают своеобразную и весьма прочную крупичатую структуру наледникового мелкозема. Вне поверхности льда даже у края ледника эта структура бытро исчезает, и эоловый мелкозем приобретает лёссовидный облик.

Минералогический состав исследованных нами образцов оказался также весьма однообразным и идентичным минералогическому составу осевшей на поверхность стекол пыли. Основную массу минералов составляют мелкие чешуйчатые минералы и их агрегаты, отнесенные нами к группе гидрослюд. Наряду с ними в составе мелкозема в большом количестве присутствуют мелкие остроугольные зерна кварца. В крупной фракции много мусковита и биотита, изредка попадаются зерна кварца и полевых шпатов. Встречаются мелкие кристаллики кальцита. В составе мелкозема обнаружено довольно много сине-зеленых и диатомовых водорослей, обогащающих эоловый мелкозем органическим веществом, разложение которого в условиях сильного увлажнения сопровождается восстановлением сернистых соединений, что и обнаруживается благодаря сильному запаху сероводорода.

Химический состав наледникового эолового мелкозема, так же как механический и минералогический составы, оказался довольно однообразным, что также указывает на единый источник происхождения наледниковой пыли.

Приведенные факты несомненно доказывают эоловое происхождение накапливающегося на поверх-

ности снега и льда мелкозема. Частицы пыли, оседая на влажную поверхность снега и льда, увлажняются сами и теряют подвижность, подобно тому, как это мы наблюдали на стеклах, смазанных глицерином. На поверхности хотя бы и плоских, но сухих скал или сухих незадернованных почв, несмотря на непрерывное поступление атмосферной пыли, подобного накопления эолового мелкозема не происходит. Здесь сухие частицы пыли снова подхватываются ветром и переносятся дальше.

В настоящее время ледники в Тянь-Шане занимают сравнительно небольшую площадь, и поэтому накопление эоловой пыли происходит на относительно малой площади. В период максимального оледенения Тянь-Шаня, когда долинные ледники спускались почти в область предгорий, а высокие плоскогорья и сыртовые равнины были сплошь одеты ледяным панцырем, этот процесс накопления эоловых осадков шел, повидимому, на больших пространствах.

По мере сокращения ледников, покрывавших высокие плоскогорья Тянь-Шаня, и разделения их на отдельные неподвижные массивы мертвого льда, при постепенном таянии последнего отложения донной морены сверху покрывались накопившимися в теле ледников хорошо отсортированными мелкоземистыми эоловыми осадками. Поэтому грубые валунные отложения высокогорных сыртовых равнин Тянь-Шаня, как правило, затянуты с поверхности слоем безвалунных пылеватых лёссовидных суглинков, мощность которых составляет около метра. Они одевают сплошным покровом и вершины, и склоны моренных холмов, несколько увеличиваясь по мощности в понижениях рельефа.

Этот процесс погребения грубых ледниковых отложений вытаивающим эоловым материалом наблюдается и сейчас у края ледников плоских вершин, где на освобожденных от льда участках коренные породы прикрыты слоем мелкозема с редкими включениями щебня. Процессы солифлюкции, вспучивания грунтов, образования таликов, широко развитые в приледниковых областях, способствуют некоторому перемешиванию грубых моренных отложений и мелкоземистого эолового материала. Поэтому по механическому составу эоловые наледниковые отложения и покровные лёссовидные суглинки не идентичны. Первые совершенно не содержат песчаных частиц, а количество илистых частиц в них составляет 5—6%. В лёссовидных суглинках песчаные частицы хотя и в малом количестве (0,5—3,0%), но все же присутствуют, а количество ила равно 25—28%. Современные эоловые отложения бескарбонатны, а в покровных лёссовидных суглинках содержится 8—10% $CaCO_3$.

Эти отличия не исключают, однако, возможность происхождения лёссовидных суглинок из эоловых наледниковых отложений. Некоторое обогащение песчаными частицами могло произойти при перемешивании эоловых осадков с грубыми моренными отложениями, а накопление илистых частиц представляет, повидимому, результат процессов выветривания, происходивших в толще безвалунного суглинка в послеледниковое время. Наибольшее количество илистых частиц содержится обычно в верхней части мелкоземистого слоя, находящегося под непосредственным воздействием корней растений; эти частицы образуются при разложении растительных остатков — органических кислот.

Обогащение мелкоземистых эоловых наносов карбонатами кальция также представляет собой вторичный процесс: на сыртовых высокогорных равнинах в условиях сухого климата Центрального Тянь-Шаня аккумулируются продукты выветривания, сносимые с окружающих горных массивов, среди которых одно из главных мест занимает углекислый кальций. В более влажных частях гор, на северных склонах хребтов, безвалунные суглинки, покрывающие древние ледниковые отложения, как правило, бескарбонатны. Рассматривая собранные данные, хотелось бы сделать ряд предположений.

Возможно, что лёссовидные суглинки и лёссы на подгорных равнинах Тянь-Шаня и у подножий других горных массивов Средней Азии могли образоваться за счет переотложения флювиогляциальными потоками эоловых мелкоземистых осадков, накопившихся на поверхности обширных фирновых полей и ледников в периоды максимального оледенения гор. Это тем более вероятно, если учесть, что области распространения лёссов, как правило, ограничены предгорьями тех горных массивов, которые в прошлом испытывали оледенение.

Весьма вероятно, что покровные безвалунные суглинки, одевающие обширные пространства древнеледниковых равнин Европейской части СССР, представляют собой эоловые мелкоземистые наносы, накопившиеся на поверхности льда в период оледенения Русской равнины. В более южных и сухих областях они подверглись вторичному окарбоначиванию, а после переотложения флювиогляциальными (талыми ледниковыми) потоками участвовали в сложении толщ южнорусских лёссов.

М. А. Глазовская
Доктор географических наук
Институт географии Академии наук СССР