

Ю. К. ГОЛУБЕВ

УДК 551 : 332.212; 552.144

## ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ НОВООБРАЗОВАНИЯ КАРБОНАТОВ В МОРЕНАХ

Еще Н. М. Страхов [1960] отмечал в качестве главной особенности ледового типа литогенеза наличие в его составе одной единственной стадии — седиментогенеза при почти полном подавлении диагенеза. Все постседиментационные изменения морен, по его мнению, происходят уже после таяния льда и должны быть отнесены к гипергенезу. Позднее некоторые исследователи высказывали соображения о возможности проявления диагенетических процессов в подледной обстановке [Степанов, 1964].

Понятие о диагенезе морены наиболее полно было сформулировано Ю. А. Лаврушиным [1976]. Под диагенезом морены понимаются физико-химические процессы преобразования вещества, слагающего морену, от момента его захвата ледником до отложения в виде моренного пласта. Моренный диагенез, по Ю. А. Лаврушину, имеет ряд существенных, специфических особенностей, отличающих его от диагенеза осадков в обычном понимании. Во-первых, подледный диагенез происходит только под движущимся ледниковым покровом. Соответственно с этим весьма существенным фактором подледного диагенеза является сильное динамическое воздействие движущегося ледника на откладываемый моренный материал и обусловливаемое им периодическое таяние — замерзание вследствие трения в процессе послыдного течения льда. Во-вторых, в процессах подледного диагенеза не принимает участие органическое вещество ввиду низких температур в основании ледника.

Наиболее ярко процессы диагенеза проявляются на примере преобразования карбонатного материала, захватываемого ледником из подстилающих пород. При исследовании основных и конечных морен, а также нарушенных ледником флювиогляциальных образований плейстоцена были выявлены многочисленные новообразования карбонатов, рассматриваемые нами как диагенетические. При этом необходимо отметить, что появление карбонатных новообразований в ледниковых и водно-ледниковых условиях — достаточно интересный факт, так как в современных условиях их формирование на суше характерно в основном для аридной и семиаридной зон.

Карбонатные новообразования изучались нами в основных и конечных моренах во многих районах распространения плейстоценовых оледенений на Русской платформе. В процессе изучения морен выявлено важное обстоятельство: все типы диагенетических карбонатных новообразований приурочены к вполне определенным зонам моренного покрова и не зависят от современного географического и климатического положения. Наиболее интенсивно они развиты в тех участках морены или дислоцированных пород ложа, которые в процессе движения моренного покрова испытывали интенсивный стресс. Это, в первую очередь, участки покрова, сложенные породами фации чешуйчатых морен, фации крупных отторженцев, а также конечные морены. На принципиальной схеме строения моренного покрова, опубликованной Ю. А. Лаврушиным [1976], нами дополнительно показана зона конеч-

ных морен и распространение различных типов карбонатных новообразований в моренном покрове (рис. 1).

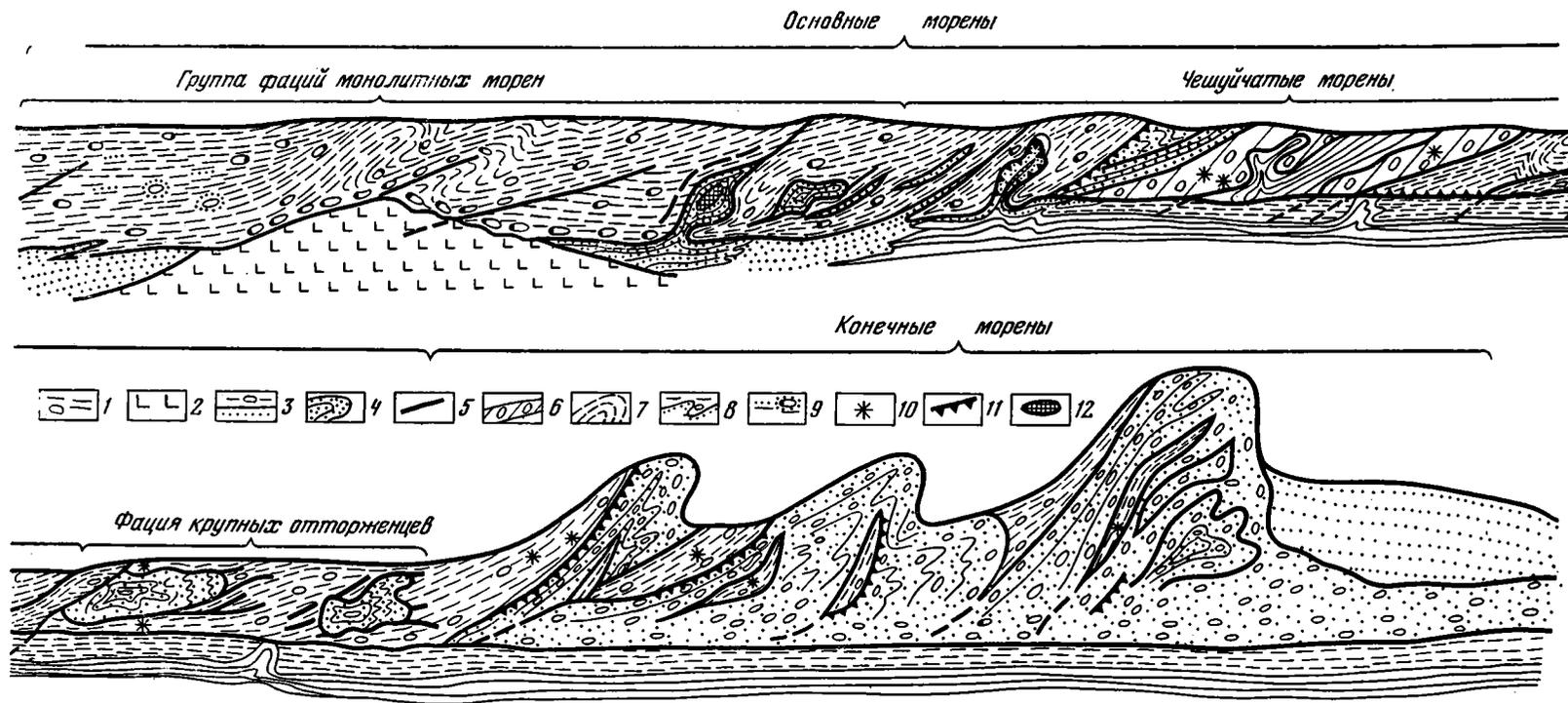
Возникновение карбонатных новообразований было предопределено типом ледниковых, подземных и грунтовых вод. Лед, как известно, содержит в своем составе включения пузырьков газов. Состав этих газов существенно отличается от атмосферного. Различные исследователи, изучавшие состав газов в ледниках и айсбергах Антарктиды и Гренландии, ледниках Норвегии и Альп, отметили везде повышенное в десятки и сотни раз содержание  $\text{CO}_2$  и соответственно пониженное по сравнению с атмосферой содержание  $\text{O}_2$ . В некоторых случаях содержание  $\text{CO}_2$  в пузырьках составляло 14,2% [Ленгуэй, 1964]. Таким образом, ледниковые воды содержат в своем составе  $\text{CO}_2$ , необходимый для мобилизации карбонатного материала. Кроме того, важный источник поступления вод, содержащих  $\text{CO}_2$ , а также, возможно, и растворенный  $\text{CaCO}_3$ , — внедрение в ледник подземных и грунтовых вод вследствие повышения их пьезоуровня под действием ледниковой нагрузки. Возможность такого процесса рассмотрена в работах Э. А. Левкова и др. [Левков, Лавров, 1974; Левков, 1980]. По данным этих исследователей, не исключена возможность проникновения в толщу льда даже глубинных высокоминерализованных вод по разломным зонам, также под действием ледниковой нагрузки.

В результате проведенных исследований можно выделить три основных типа диагенетических карбонатных новообразований.

Первый из них — это выделения пелитоморфного карбоната на плоскостях плитчатой отдельности морены, на поверхностях валунов в моренах, а также выделения пелитоморфного карбоната в моренном мелкозем. Подобные новообразования карбонатов были достаточно подробно изучены Ю. А. Лаврушиным с соавторами [Лаврушин, Ренгартен, 1974; Лаврушин, 1976; Лаврушин, Голубев, 1980]. Важный показатель диагенетической природы этих новообразований — обнаружение карбонатных налетов на валунах в толще мореносодержащего льда в Гренландии. Формирование подобных новообразований, с нашей точки зрения, связано с процессом замораживания растворов режеляционных вод, находящихся между плитками мореносодержащего льда, в момент разрядки сдвиговых напряжений во льду.

На ледниковом ложе это явление выражается в образовании кальцитовых корок. Подобные корки были описаны рядом зарубежных исследователей как в основании современных ледников Северной Америки, Альп, Скандинавии [Bauer, 1961; Kers, 1964; Ford a. o., 1970; Hallet, 1976a, 1978; и др.], так и в погребенном состоянии на скальном основании ложа плейстоценовых ледников Скандинавии [Vjakke, Dupvik, 1977]. Новообразованные корки были приурочены к дистальным частям небольших западин ледникового ложа и представляли собой образования натечной формы, верхняя поверхность которых была осложнена многочисленными выступающими ребрами. Примечательно, что ребра натечных корок ориентированы по направлению движения ледника. Корки были сложены кальцитом, содержащим незначительную примесь терригенного материала. Толщина корок достигала нескольких сантиметров, длина — десятков сантиметров.

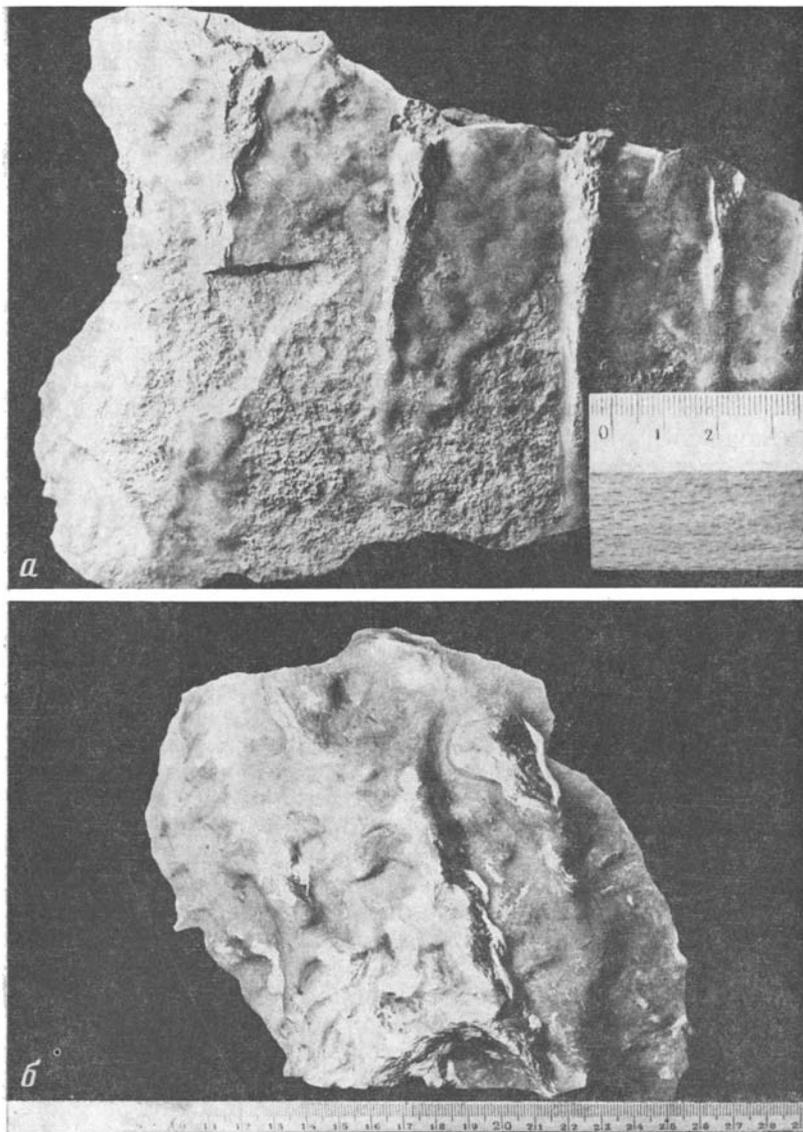
В Смоленской области в известковом карьере вблизи с. Городище аналогичного типа натечные карбонатные образования были обнаружены нами на ледниковом ложе, сложенном каменноугольным известняком, перекрытым мореной московского оледенения мощностью до 5 м. Известняк был представлен мелкозернистой органогенной разностью серого цвета. Кровля известняка была интенсивно трещиновата и разбита на блоки. Натечные карбонатные новообразования были обнаружены на вертикальных стенках блоков известняка.



**Рис. 1.** Распространение карбонатных новообразований в основной и конечной моренах

1 — моренный суглинок; 2 — скальные породы ложа; 3 — ледниковое ложе, сложенное рыхлыми породами; 4 — гляциоднапыри; 5 — надвиги; 6 — моренные че-

шуи; 7 — чешуи пород ледникового ложа; 8 — текстуры захвата; 9 — выделение пелитоморфного карбоната на плоскостях плитчатой отдельности морены и на поверхности валунов; 10 — гляциострессовые конкреции; 11 — карбонатные корки и плиты; 12 — цементированные конгломераты ядер гляциопротрузий



**Рис. 2.** Вертикальные стенки блоков известняков

*a* — карбонатные потеки на стенках; *b* — карбонатные корки на стенках

Чаще всего эти новообразования выглядели как отдельные потеки светло-серого цвета шириной 3—10 мм по стенкам блоков (рис. 2*a*). Иногда на стенках встречались натечные образования в виде корок (см. рис. 2*b*). Поверхность корок обычно неровная, натечного вида, с многочисленными ребрами, осложненными язычками, потеками, ориентированными вертикально. Максимальная толщина корок до 2—3 см наблюдалась у верхнего уреза известняка на контакте с мореной, книзу корки постепенно утонялись и исчезали. Максимальная глубина развития корок 30 см от контакта с мореной, ниже, на поверхности стенок, они не встречались.

Корки обладают хорошо выраженным тонкослоистым строением. Слойки выдержаны и хорошо прослеживаются по всей корке, изредка выклиниваясь. Слоистость обуславливается чередованием светлых про-

слоев толщиной от 0,1—0,2 мм в западинах микрорельефа поверхности корок до 0,3—0,4 мм на ребрах с тонкими темными прослоями, толщина которых не превышает 0,05 мм.

Изучение шлифов показало, что светлые прослои состоят из удлиненных призматических кристаллов кальцита, удлинение которых перпендикулярно направлению прослоя. Соответственно с изменением толщины прослоев высота призм максимальна в прослоях на ребрах корки и минимальна в западинах. Средняя ширина кальцитовых призм 0,01—0,02 мм, иногда отдельные призмы достигают ширины 0,1 мм. Основания призм изометричны. Тонкие темные прослои сложены мелкозернистым карбонатом, содержащим довольно значительное количество глинистых чешуек и мельчайшую терригенную примесь.

Изредка встречаются тонкие неслоистые корки толщиной до 5 мм, состоящие из одного слоя крупных призматических кристаллов кальцита. В некоторых случаях между коркой и поверхностью трещины наблюдался моренный материал, сцементированный кальцитом.

В составе описываемых кальцитовых натечных новообразований встречается незначительная примесь терригенного материала: обломки кварца, полевых шпатов мелкопесчаной размерности, иголки мусковита. Эта терригенная примесь равномерно рассеяна по всем прослоям корок. По данным химических анализов, содержание  $\text{CaCO}_3$  в корках составило 96,55 %.

Рассмотренные новообразования наблюдались нами в свежих, только что вскрытых стенках карьера. На более старых стенках карьера корки очень быстро исчезают под воздействием современных атмосферных осадков. Этот факт явно показывает, что образование корок не связано с современными условиями. С этой точки зрения эти новообразования сопоставлены с новообразованными карбонатными корками, описанными Б. Халлетом и другими исследователями на ледниковом ложе.

Для объяснения процесса подледного карбонатоосаждения выдвигались различные гипотезы. В настоящее время наиболее обоснована и подтверждена, отчасти также экспериментально, точка зрения Б. Халлета [Hallet, 1976a, b]. Процесс подледного осаждения кальцита он связывает с механизмом режеляционного скольжения. При скольжении ледника по ложу на проксимальной стороне встречающихся препятствий вследствие повышенного давления происходит таяние льда. Это вызывает появление пленки режеляционной воды, представляющей собой по существу раствор, в состав которого входят как ранее растворенные во льду вещества, так и вещества из пород ложа. При перетекании раствора на дистальную поверхность препятствий ложа происходит спад давления и замерзание пленки с образованием режеляционного льда. В процессе замерзания повышается концентрация растворов, они достигают состояния насыщения и происходит выпадение осадка. Растворение карбонатного материала происходит при участии  $\text{CO}_2$ , содержащегося в пузырьках во льду.

Для выяснения возможности высадки  $\text{CaCO}_3$  Б. Халлет провел эксперименты по искусственному замораживанию растворов, близких по своим концентрациям к ожидаемым в подледных условиях на проксимальных сторонах препятствий ложа. Эксперименты показали заметное увеличение ионной концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в образующемся льду и растворе. Причем в конечной порции раствора концентрации увеличивались в 50 раз по сравнению с исходным раствором. На последних этапах опытов, непосредственно перед полным замораживанием раствора, наблюдалось выпадение кальцита.

Для объяснения процесса формирования натечных корок, обнаруженных в карьере «Городище», можно использовать гипотезу Б. Халлета, несколько модифицировав ее для нашего случая. В процессе скольжения ледника по ложу образуется режеляционная вода, в состав

которой входит растворенный углекислый газ из пузырьков в базальном льду. Под воздействием  $\text{CO}_2$ , а также давления в основании ледника происходит растворение известняка. Высадка кальцита может происходить вследствие дегазации растворов при их попадании в области пониженного давления, которыми являются полости трещин, или при замораживании растворов.

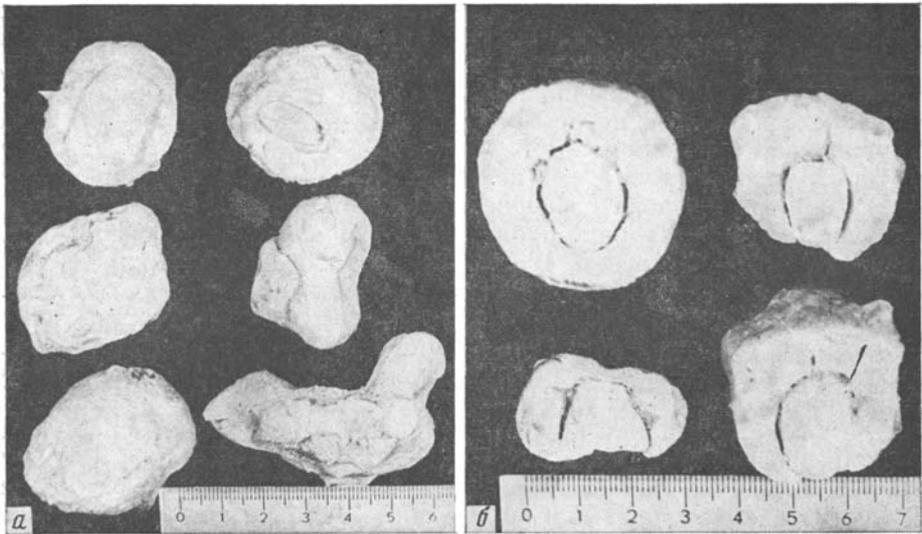
Вторым типом карбонатных новообразований являются гляциострессовые конкреции. Сравнительно недавно характеристика этого типа конкреций была дана в ряде публикаций [Лаврушин, Голубев, 1979, 1980; Лаврушин, Кураленко, 1981]. В этих работах подчеркнута, что чрезвычайно важную особенность нахождения этих конкреций составляет их приуроченность к вполне определенным динамическим зонам моренного покрова. Как оказалось, гляциострессовые конкреции наиболее типичны для моренного суглинка двух зон моренного покрова — для протрузионных структур фации чешуйчатой морены и конечных морен, а также для фации крупных отторженцев основных морен и отторженцевой фации конечных морен.

В первом случае гляциострессовые конкреции встречаются в моренных гляциодайках, пронизывающих мощные складки выжимания пород ледникового ложа; в моренном суглинке, прилежащем к гляциокунолам; в крутоставленных моренных чешуях на проксимальных склонах конечноморенных гряд. Заметим, что довольно типичный случай нахождения гляциострессовых конкреций — их приуроченность к моренным дайкам, пронизывающим гляциокупола, которые слагают крупные положительные формы рельефа — холмы, возвышающиеся над окружающей моренной равниной. Дайки часто залегают почти вертикально, и мощность их может быть различна, но в изученных нами разрезах она чаще всего составляет 1—2 м. Гляциострессовые конкреции встречаются на всем протяжении моренных даек.

Во втором случае гляциострессовые конкреции приурочены к моренному суглинку, выполняющему трещины в крупных отторженцах твердых, преимущественно карбонатных пород. Так, например, в карьере «Асеньевское», расположенном в Боровском районе Калужской области, гляциострессовые конкреции были встречены в моренном суглинке, выполняющем крутоставленные трещины, пересекающие отторженец доломита каменноугольного возраста, перемещенный ледником примерно на 40 км. Толщина трещин до 0,4 м.

Как в протрузионных структурах, так и в отторженцах конкреции имели схожую морфологию и петрографическое строение, а также близкие условия залегания в моренном пласту. Обычно они беспорядочно разбросаны по пласту моренного суглинка. Размер их колеблется от 2 до 5 см в поперечнике. Внутри конкреций почти всегда есть ядро из обломка какой-либо карбонатной породы. В некоторых случаях они имеют шаровидную, несколько уплощенную форму, иногда встречаются сросшиеся конкреции. Наиболее же характерна для гляциострессовых конкреций своеобразная асимметричная форма, отражающая нарастание конкреции на карбонатный валун с дистальной по отношению к давлению стороны (рис. 3). Стенка конкреции формируется за счет цементации кальцитом окружающего моренного мелкозема и представляет собой мелкозернистый кальцит, в котором содержатся обломочные зерна, свойственные моренному мелкозему. Иногда в стенке конкреции встречаются пятна незамещенного моренного мелкозема. Содержание  $\text{CaCO}_3$  максимально у ядра конкреции — 50—55%, к периферии оно снижается до 44—49%. Строение конкреций однородное, без признаков концентров.

Обобщая все эти наблюдения, можно констатировать, что конкреции приурочены к участкам моренного пласта, которые в момент своего образования испытывали интенсивный стресс. Нахождение конкреций



**Рис. 3.** Асимметричные гляциострессовые конкреции

*а* — внешний вид; *б* — в разрезе

в породах, слагающих положительные формы рельефа, исключает возможность подтока современных грунтовых вод и формирование конкреций за их счет. Следовательно, образование конкреций должно быть связано с водами ледникового времени. Это могут быть режелационные воды, к которым возможна добавка грунтовых и подземных вод, отжимаемых ледником из подстилающих пород. Эти воды по своей природе агрессивны по отношению к карбонатным породам в мореносодержащем льду и откладывающейся морене. Они способствовали растворению обломков карбонатных пород. В непосредственной близости от обломков галечной размерности моренный мелкозем пропитывался растворами, содержащими карбонат кальция. При спаде напряжений и замораживании растворов  $\text{CaCO}_3$  выпадал в осадок, образуя конкреции. Подобный механизм образования конкреций хорошо объясняет повышенное содержание  $\text{CaCO}_3$  у ядра конкреции и пониженное содержание — на периферии.

Кроме того, есть данные о том, что в некоторых случаях формирование конкреций происходило в несколько этапов. Так, например, в карьере «Асеньевское» в одной из трещин, выполненной моренным суглинком и пронизывающей отторженец, сложенный доломитом, Ю. А. Лаврушиным и Н. П. Кураленко [1981] описаны гляциострессовые конкреции. В некоторых трещинах были встречены раздробленные конкреции. Подобное наблюдение явно указывает на то, что формирование конкреций происходило еще в условияхдвигающегося ледникового покрова, когда уже сформированные конкреции были разрушены.

С нашей точки зрения, в процессах формирования конкреций принимали участие воды разных типов. В протрузионных структурах значительную роль могли играть подземные и грунтовые воды, внедряющиеся одновременно с гляциопротрузиями с ледникового ложа.

В отторженцах, сорванных с коренного ложа и перемещенных подчас на десятки километров в толще ледника, добавка подземных и грунтовых вод в общую массу ледниковой воды могла быть незначительной. В этом случае основная роль в процессе возникновения конкреций принадлежит режелационным водам.

Количество  $\text{CO}_2$ , содержащегося в подземных и грунтовых водах, значительно выше, чем в режеляционных водах. Это сказывается на различной интенсивности процессов конкрециообразования. Максимальной интенсивности оно достигает в гляциопротрузионных структурах, где местами наблюдаются конкреции вокруг всех карбонатных валунов, содержащихся в моренном суглинке.

Необходимо дополнительно подчеркнуть роль стресса в процессе образования конкреций. В качестве примера рассмотрим карьер вблизи г. Спас-Деменск Калужской области. Здесь карьером вскрыта крупная кончнморенная гряда. Проксимальный склон гряды осложнен многочисленными гляциокуполами, сложенными гравийно-галечным флювиогляциальным материалом. В моренном суглинке, оконтуривающем гляциокупола, и в моренных дайках, секущих их, были встречены многочисленные гляциострессовые конкреции. Особенность строения моренного суглинка составляет наблюдаемое в нем чередование прослоев, резко обогащенных валунным материалом галечной размерности, и существенно суглинистых прослоев, содержащих незначительное количество галечного материала. Толщина прослоев колебалась от 20 до 70 см. В прослоях, обогащенных валунами, конкреции сформированы вокруг каждого карбонатного валуна, при нарастании только с дистальной его стороны. Для суглинистых прослоев характерны конкреции округлой формы, у которых наблюдалась только незначительная асимметрия ядра. Подобное наблюдение позволяет думать что в прослоях, обогащенных валунным материалом, создавались более благоприятные условия для передачи стрессового давления с обломка на обломок. В существенное же суглинистых прослоях стрессовое давление «гасилось» мелкоземом.

Наконец, третий тип — это конкреционные стяжения на контактах моренных чешуй с чешуями, сложенными рыхлым, преимущественно флювиогляциальным материалом, и в самом флювиогляциальном материале, испытавшем перемещение в результате воздействия ледника.

Такие новообразования приурочены в основном к породам, слагающим конечные морены разных типов, а также фацию крупных отторженцев.

В области развития конечных морен плейстоценовых оледенений на Русской платформе в большинстве случаев гляциопротрузии, чешуи, оказываются сложенными рыхлым, преимущественно флювиогляциальным материалом. Важнейшие морфологические типы возникающих новообразований карбонатов — конкреционные карбонатные корки и плиты, сцементированные конгломераты центральных частей гляциопротрузий.

Остановимся несколько подробнее на характеристике конкреционных карбонатных плит и корок как наиболее распространенных новообразований. Конкреционные корки и плиты обычно прослеживаются по плоскостям надвигов, развитых в толще моренного покрова, встречаются на контактах гляциопротрузий с моренным суглинком, на контактах моренных даек, прорывающих складки выжимания пород ледникового ложа, на контактах чешуй, слагающих проксимальные склоны кончнморенных гряд, т. е. как и гляциострессовые конкреции они приурочены к тем участкам моренного пласта, где выражены следы проявившегося достаточно интенсивного стресса.

Новообразованные корки формируются в основном за счет цементации рыхлой породы и почти не затрагивают моренный суглинок. Контакты карбонатных плит и корок с моренным суглинком и с рыхлой породой обычно достаточно резкие. При этом максимальная плотность цементации наблюдается у контакта с моренным суглинком. В шлифе подобная карбонатная корка представляет собой обломочную породу, сцементированную мелкозернистым или пелитоморфным карбонатом.

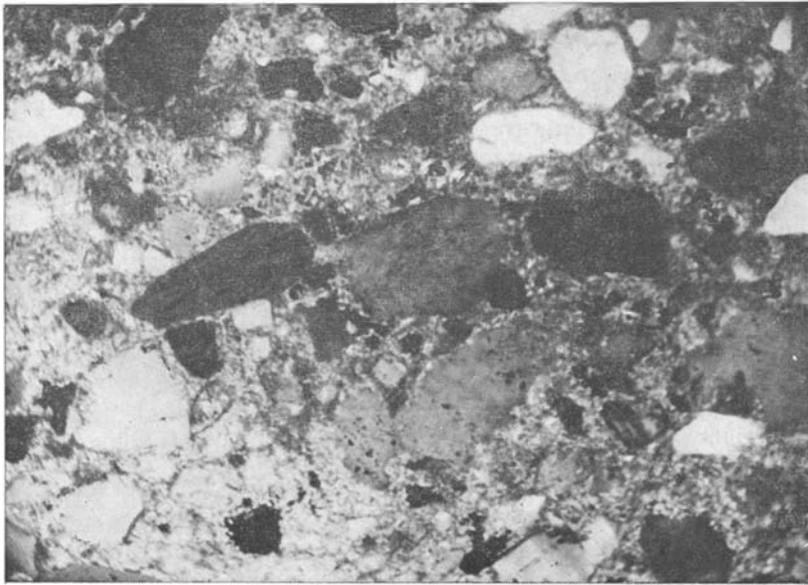


Рис. 4. Ориентировка обломочного материала в карбонатной корке.

Увеличение 100, ник. +

Тип цементации базальный, поровый, пленочный. Карбонатность этих образований колеблется от 10 до 65%. Их мощности меняются от 1—2 см до 2,0 м.

Необходимо отметить, что обычно карбонатные плиты на контактах морен с рыхлым материалом большинство исследователей принимают за эпигенетические новообразования и их формирование связывают с движением современных грунтовых вод. Но, как и в случае гляциострессовых конкреций, типична приуроченность нахождения карбонатных корок и плит главным образом к структурам, слагающим положительные, возвышенные формы рельефа, нередко вскрытые карьерами вдали от местных базисов эрозии. Таким образом, формирование плит надо связывать с ледниковыми условиями. Об этом также свидетельствуют значительная протяженность плит и корок в глубину стенки-обнажения, что нехарактерно для гипергенных карбонатных новообразований, образующихся за счет высадки из грунтовых вод, их приуроченность к вполне определенным динамическим зонам моренного пласта, например их нахождение на почти вертикально залегающих контактах моренных даек или крутых склонах гляциокуполов. В некоторых случаях в рассматриваемых новообразованиях наблюдалась прекрасно выраженная ориентировка обломочного материала в направлении ледникового давления (рис. 4).

Все изученные нами карбонатные новообразования, по данным химических анализов, термического анализа и изучения под микроскопом, оказались чистым кальцитом. В некоторых химических анализах отмечалось незначительное содержание  $MgCO_3$ , не более 1,5%, в основном в анализах диагенетических карбонатов, развитых в моренном суглинке, что может быть объяснено наличием терригенной примеси доломита. Даже в случае формирования карбонатных новообразований за счет перераспределения доломита их состав был кальцитовым.

Таким образом, нами установлено, что при подледном диагенезе возможно возникновение кальцитовых новообразований. Степень кристалличности новообразованного кальцита зависела от наличия в це-

ментируемом материале примеси глинистых частиц или любух частиц пелитового размера. Благодаря наличию в изучавшихся нами осадках значительного количества мелких частиц в большинстве новообразований преобладал мелкозернистый или пелитоморфный кальцит. Наряду с этим нами встречены выделения и хорошо раскристаллизованного крупнокристаллического кальцита в случае цементации им хорошо промытых галечников. В подобных случаях кальцит обычно образует натечные формы, микростроение которых схоже с микростроением ста-лактитов и новообразованной корки на известняках в карьере «Городище», описанной выше.

Процесс аутигенного карбонатообразования в любой осадочной породе в самом общем виде происходит по следующей схеме: I — мобилизация первично отложенного карбоната с переходом его в растворенное состояние, II — перенос растворов, III — выпадение растворенного карбоната в осадок с образованием аутигенных выделений. Рассмотренные выше особенности подледного моренного диагенеза откладывают существенный отпечаток на все эти три основных процесса.

I. Для того чтобы воды могли растворять обломочный карбонатный материал, необходимо присутствие  $\text{CO}_2$ , растворенного в воде. Как уже было показано, ледниковые воды имеют два источника поступления  $\text{CO}_2$ : из пузырьков газа во льду и из захваченных грунтовых вод. Интенсивность растворения карбонатного материала в различных участках моренного пласта может сильно варьировать. В первую очередь это будет связано с неравномерным распределением растворенного углекислого газа в ледниковой воде в связи с возможным неравномерным захватом грунтовых вод, разным содержанием в них  $\text{CO}_2$ , неравномерным содержанием пузырьков газа во льду. Кроме того, на некоторых участках возможна дегазация растворов. Интенсивность растворения также будет зависеть от того, какие карбонаты преобладают в обломочном материале, а также от степени их раздробленности и измельченности. Повышенные стрессовые давления, создающиеся на отдельных локальных участках моренного пласта, также способствуют процессу растворения.

II. Дальность транспортировки растворов зависит в первую очередь от того, на каком расстоянии будут существовать условия, при которых они возникли, т. е. давление, температура, содержание  $\text{CO}_2$  в растворе. При изменении хотя бы одного из этих условий нарушается физико-химическое равновесие в растворе, он становится нестабильным и происходит выпадение осадка. По нашим данным, в подледных условиях могут наблюдаться самые разнообразные масштабы перемещения растворов: от переотложения растворенного карбоната практически на месте, без какого-либо перемещения, до достаточно дальнего перемещения растворов по плоскостям надвигов, чешуям проницаемых пород и т. п.

III. Как уже было отмечено, выпадение карбонатов из растворов в осадок происходит при изменении условий, при которых они возникли. Основной причиной, приводящей к выпадению в осадок в подледных условиях, следует признать замораживание растворов. При подобном явлении возможно выпадение осадка из растворов самых минимальных концентраций. С нашей точки зрения, важную роль также играет возможность перенасыщения растворов, связанная с их дегазацией при перетекании растворов из области высокого давления в область пониженного давления.

Таким образом, специфика подледного диагенеза откладывает существенный отпечаток на все основные процессы аутигенного карбонатообразования в подледных условиях. Наиболее благоприятными условиями для возникновения диагенетического карбонатообразования в подледной обстановке следует признать наличие обломочного карбонатного материала, растворов, содержащих растворенный  $\text{CO}_2$ , повышенного

давления, которое облегчает растворение карбонатного материала, периодического замерзания растворов или периодического спада давления. При отсутствии одного из этих условий аутигенного карбонатообразования не будет или оно будет проявлено слабо. Это, в частности, объясняет тот факт, что диагенетическое карбонатообразование развито с одинаковой интенсивностью не на всех участках моренного пласта.

Все эти условия в наибольшей степени свойственны породам фации чешуйчатых морен, фации крупных отторженцев и особенно конечных морен разных типов. Наиболее широко диагенетическое карбонатообразование развито в конечных моренах, что связано с явлением отжима грунтовых вод из-под края ледникового покрова.

В заключение следует подчеркнуть, что в моренах далеко не все аутигенные образования карбонатов являются диагенетическими. Некоторые из них явно эпигенетические, и их возникновение связано с последующими преобразованиями моренного материала в субаэральной безледниковой обстановке и с более поздними гидрогеологическими особенностями тех или иных районов.

Вопрос об отнесении карбонатных новообразований в моренах к диагенетическим или эпигенетическим в каждом отдельном случае может быть решен только с учетом гляциодинамических особенностей формирования моренного пласта.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Лаврушин Ю. А.* Строение и формирование основных морен материковых оледенений.— Тр. ГИН АН СССР, 1976, вып. 288.
- Лаврушин Ю. А., Голубев Ю. К.* Динамические карбонатные конкреции в моренах.— ДАН СССР, 1979, т. 245, № 5.
- Лаврушин Ю. А., Голубев Ю. К.* Карбонаты в основных моренах плейстоценовых материковых оледенений.— В кн.: Процессы континентального литогенеза.— Тр. ГИН АН СССР, 1980, вып. 350.
- Лаврушин Ю. А., Кураленко Н. П.* Чешуйчатые ледниковые отторженцы междуречья рек Лужи и Протвы.— Бюл. Комис. по изуч. четвертич. периода, 1981, № 51.
- Лаврушин Ю. А., Ренгартен Н. В.* Основные черты ледового типа литогенеза.— Литология и полез. ископаемые, 1974, № 6.
- Левков Э. А.* Гляциотектоника. Минск: Наука и техника, 1980.
- Левков Э. А., Лавров А. П.* О влиянии покровных материковых оледенений на гидрологические процессы в Припятской впадине.— ДАН БССР, 1974, № 10.
- Ленгуэй Ч.* Некоторые физические и химические исследования 411-метровой скважины в Гренландии и их значение для проблемы аккумуляции.— В кн.: Вопросы динамики и современной эволюции ледников. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1964.
- Степанов И. Н.* О процессах выветривания в ледовом типе литогенеза.— Литология и полез. ископаемые, 1964, № 5.
- Страхов Н. М.* Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1960, Т. 1.
- Bauer V. F.* Kalkabsätze unter Kalkalpenglutschern und ihre Bedeutung für die Altersbestimmung heute Gletscherfrei werden der Karrenformen.— Z. Gletscherk. und Glazialgeol., 1961, Bd. 4, N 3.
- Bjärke I., Dyrvik H.* Quaternary «stromatolitic» limestone of subglacial from Scandinavia.— J. Sediment Petrol., 1977, vol. 47, N 3.
- Ford D. C., Fuller P. C., Drake S. L.* Calcite precipitates at the soles of temperature glaciers.— Nature, 1970, vol. 226, N 5244.
- Hallet B.* Deposits formed by subglacial precipitation of CaCO<sub>3</sub>.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1976a, vol. 87.
- Hallet B.* The effect of subglacial chemical processes on glacier sliding.— J. of Glaciology, 1976b, vol. 17, N 76.
- Hallet B.* The composition of basal ice from a glacier sliding over limestones.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1978, vol. 89.
- Kers L. E.* For komster av sunglacial utfalld kalksten i solna samt i gardvik, Västerbottens Gön.— Geol. fören., Stockholm förhandl., 1964, Bd. 86.