

И.Д. Данилов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ЛЕДЯНЫЕ ЗАЛЕЖИ В ТОЛЩАХ ЛЕДОВО-МОРСКИХ ОСАДКОВ КАК ПРОДУКТ КРИОГЕННОГО ДИАГЕНЕЗА

(Представлено академиком Н.А. Шило 29·III·1988)

Отложениям полярных морей, находящимся нынче в пределах криолитозоны, свойственны залежи подземных льдов пластовой, линзовидной и сложной формы. Наиболее характерны они для прибрежных фаций - слоистых песков, алевроитов, обогащенных рассеянным органическим веществом глин и суглинков. Ледяные залежи и вмещающие их породы нередко пластически дислоцированы. Дислокации имеют складчатый характер и затухают вниз по разрезу, т.е. являются бескорневыми. Дислоцированные ледяные залежи выражены в виде антиклинальных структур, перекрывающие слои изгибаются согласно их кровле. По мере удаления от нее они выполаживаются и постепенно сменяются слоями с «нормальными» условиями залегания. Отмеченные закономерности строения разрезов с ледяными структурами и пликативными дислокациями позволяют говорить об их конседиментационной природе [Данилов, 1980]. Однако способ и механизм формирования ледяных залежей в толщах морских осадков остаются во многом неясными.

На сегодняшний день существуют две основные группы гипотез образования подземных залежей льда и связанных с ними пликативных дислокаций: преобразование толщ в связи с льдовыделением при их промерзании и захоронение глыб мертвого глетчерного льда, дислоцированного в процессе движения ледников. Но ни одна из них не в состоянии удовлетворительно объяснить основные закономерности строения ледяных залежей и взаимосвязанных с ними пликативных дислокаций. Льдовыделение при промерзании бассейновых отложений осуществляется двумя способами: инъекции крупных водных масс в промерзающие или уже мерзлые толщи и послойное, сегрегационное льдовыделение за счет мигрирующей в более охлажденную зону пленочной влаги. Оба эти механизма маловероятны на глубинах в 100 м и более, где сказывается большое давление вышележащих пород, но и на таких глубинах известны залежи подземных льдов. При внедрении и замерзании крупных водных масс не получает объяснения, кроме того, часто наблюдаемый факт слоистого строения льда, присутствия в нем примесей тонкодисперсного и включений крупнообломочного материала. При послойном шпировом льдовыделении неясными становятся причины пластического деформирования льда залежей и вмещающих пород. Последнее обстоятельство лежит в основе концепции захороненно-глетчерного происхождения ледяных залежей. Однако не менее широко распространены пласты и линзы недислоцированного слоистого и монолитного подземного льда, совершенно не несущего признаков вязко-пластического деформирования в теле движущихся ледников. Кроме того, вмещающие ледяные залежи породы обладают явными признаками накопления в морских водоемах: слоистость, фауна моллюсков, микрофауна фораминифер и остракод, комплекс аутигенных минералов и конкреций [Данилов, 1978 и др.]. В качестве выхода из создавшегося положения предложена гипотеза, связывающая формирование подземных залежей льда с оплыванием и оползанием донных морских осадков в поле отрицательных температур, когда теряющая связь с грунтовыми частицами вода становится свободной и превращается в лед [Попов, 1985]. В этом случае остается необъясненным происхождение залежей недислоцированного льда и его обычно пресный и даже ультрапресный химический состав.

Анализ материалов по составу, строению и условиям залегания ледяных образований в толщах ледово-морских осадков приводит нас к выводу, что во многих случаях (не во всех), их возникновение связано с выходами в прибрежной зоне арктических морей

источников пресных подземных вод суши. Известно, что соленые морские воды и придонные грунты имеют на широких площадях полярных бассейнов отрицательную в течение всего года температуру, которая составляет в основном от $-1,5$ до $-1,7^{\circ}\text{C}$, достигая $-1,9^{\circ}\text{C}$. Внедряясь в отрицательно-температурные засоленные осадки, пресные подземные воды при определенных условиях будут замерзать в них и формировать ледяные структуры. Подобный процесс оказался смоделированным в природной обстановке, когда в пробуренную американскими исследователями на шельфовом леднике Росса в Антарктиде скважину была закачана пресная вода. Она замерзла в соленой морской воде, температура которой отрицательная, и на нижнюю поверхность шельфового ледника наслоился пресный лед. Аналогичное нарастание пресного льда на подошву шельфовых ледников в их тыловой части за счет выходящих из-под ледниковых покровов суши ультрапресных вод происходит во многих районах Антарктики [Зотиков, 1982].

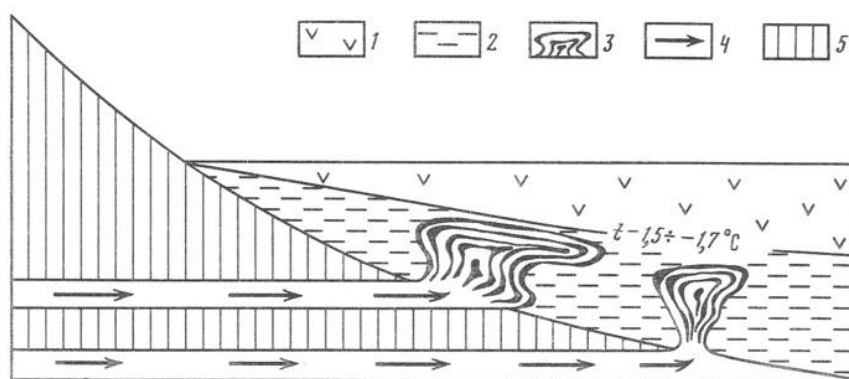


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая способы формирования залежей подземных льдов на дне полярных морей в местах выхода напорных пресных подземных вод. 1 — морская вода с отрицательной придонной температурой; 2 — засоленные отрицательно-температурные донные осадки; 3 — структуры, образованные дислоцированными осадками и льдами; 4 — горизонты, по которым происходит поступление на морское дно пресных подземных вод; 5 — литифицированные, в том числе и мерзлые, горные породы

Принципиальная схема формирования подземных залежей пресного льда в толщах отрицательно-температурных морских осадков и их одновременного дислоцирования показана на рис. 1. Динамика процесса и степень деформированности системы определяются соотношением между интенсивностью напора подземных вод, выходящих в источниках, и стадией литификации донных осадков. В случае отсутствия напора и замерзания водоносных линз и прослоев формируются практически недислоцированные пластовые залежи подземных льдов. При внедрении в водонасыщенные неуплотненные или напорные подземные воды неизбежно смешиваются с ними, в результате чего возникают сильно загрязненные терригенным материалом ледогрунтовые образования. В них могут присутствовать и остатки морской фауны, и крупнообломочные включения, столь характерные для ледово-морских отложений. При внедрении в относительно литифицированные донные осадки пресные подземные воды почти не смешиваются с ними, или смешиваются в очень ограниченном масштабе, вследствие чего возникают залежи чистого льда. Развитие процесса во времени приводит к тому, что одна и та же залежь может формироваться и на стадии неуплотненных илов, и на стадии их вязкопластического состояния. Следствием является образование сложно построенных ледяных структур, состоящих из чистого монолитного или слоистого льда и ледогрунтовых смесей.

С позиций предложенного способа и механизма формирования залежей подземных льдов в ходе диагенеза донных морских отрицательно-температурных осадков получают удовлетворительное объяснение многие с других позиций необъяснимые факты, выявляются новые аспекты проблемы криогенного литогенеза в морских обстановках осадконакопления.

1. Дислокационные структуры с залежами подземного льда не прослеживаются ниже определенного уровня - уровня выхода пресных подземных вод на морском дне.

2. Сформированные в результате проявления криогенного диагенеза ледяные залежи и дислокационные структуры могут затем перекрываться недислоцированными осадками с «нормальной» седиментационной слоистостью, т.е. становится понятной, таким образом, их конседиментационная природа.

3. Ледогрунтовые залежи возникают в случае смешения пресных подземных вод и неуплотненных отрицательнотемпературных морских донных осадков; залежи чистого льда - результат внедрения пресных подземных вод в относительно литифицированные вязкопластические донные осадки, имеющие отрицательную температуру; наконец, сложно построенные залежи, представляющие собой комбинацию льдов и ледогрунтовых смесей, являются следствием растянутости процесса льдообразования во времени и его проявления на разных стадиях диагенеза донных осадков полярных морей.

4. В ходе трансгрессии или регрессии моря происходит изменение мерзлотногидрогеологической обстановки и источники пресных подземных вод мигрируют в пространстве, в результате чего образуются на определенных участках группы залежей подземных льдов, расположенных на разных седиментологических уровнях.

5. Тонкодисперсные осадки полярных морей - илы, песчанистые и глинистые илы постоянно содержат крупные каменные обломки - дресву, щебень, гальку, валуны, разносимые по акваториям плавучими припайными льдами и айсбергами; при формировании подземных ледяных залежей указанным криодиагенетическим способом в них могут наряду с прочими обломочными частицами быть включены и каменные обломки.

6. Поскольку залежи подземных льдов в ледово-морских толщах фиксируют палеоисточники пресных подземных вод на былом морском дне, не исключено, что они в то же время трассируют линии разрывных тектонических нарушений в осадочном чехле, в том числе, следовательно, и в новейших верхнекайнозойских отложениях.

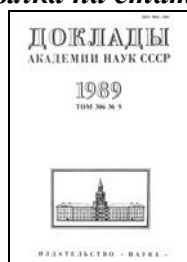
7. При деградации мерзлых толщ и вытаявании ледяных залежей палеокрио-генные отложения наследуют криодиагенетические дислокационные структуры, обладающие всеми признаками конседиментационных дислокационных структур: затухание дислокаций вверх и вниз по разрезу, расположение на разных седиментологических уровнях и т.д.; они нередко принимаются за оплывинно-оползневые донные или гляциодинамические структуры, в последнем случае это влечет за собой неверные палеогеографические выводы и построения, касающиеся реконструкции древних ледниковых покровов на равнинах Северной Евразии и Северной Америки.

Поступило 19 IV 1988

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов И.Д. Полярный литогенез. М.: Недра, 1978. 238 с.
2. Данилов И.Д. // Литол. и полезн. ископ., 1980, № 5, с. 114-123.
3. Зотиков И.А. Теплофизика ледниковых покровов. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 288 с.
4. Попов А.И. В кн.: Развитие криолитозоны Евразии в верхнем кайнозое. М.: Наука, 1985, с. 90-101.

Ссылка на статью:



Данилов И.Д. Ледяные залежи в толщах ледово-морских осадков как продукт криогенного диагенеза // Доклады Академии наук СССР. 1989. Том 306. №5. С. 1201-1203.