

А.И. Попов

ДИСЛОКАЦИИ И КРИОЛИТОГЕНЕЗ В ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРА СССР

Доказывается, что широко развитые в плейстоценовых отложениях севера СССР дислокации сформировались в осадках на дне морского бассейна в слабоуплотненных грунтах, способных к течению к центру синклинальных понижений и к выжиманию на антиклинальных поднятиях. Главной причиной возникновения этих дислокаций является нарушение равновесного состояния сильно увлажненных тонкодисперсных осадков, возникающее при очень небольших уклонах дна под действием слабых тектонических толчков, особенно вдоль нарушений или при росте структур. Соотношение пород и льда в составе толщ указывает на сингенетичность льдообразования, которое происходит в субаквальных условиях при формировании дислокаций.

На севере Европейской части СССР и севере Западной Сибири в средне- и верхнеплейстоценовых морских отложениях (пылеватые пески, алевроиты, глины) видны пликативные дислокации. Рядом исследователей они рассматриваются как следствие воздействия былого покровного оледенения, для чего достаточных оснований нет.

Пликативные дислокации образуют пологие и крутые складки, прослеживаются на десятки и сотни метров по простиранию и до сотни метров по вертикали; их размеры - от мелких, длиной 0,5-1 м и высотой такого же порядка, до крупных - длиной 100-200 м и более и высотой в несколько десятков метров. Наряду с правильными складками наблюдаются складки типа надвигов, опрокинутые, волочения. Такие дислокации возникли в осадках на дне морского бассейна. Это были иловатые и им подобные осадки, слабо или вовсе неуплотненные, обладавшие пльвунными свойствами. В складках наблюдается увеличение мощности слоев в замках. Это свидетельствует о деформации слоев в еще слабо уплотненном грунте, способном к течению; осадки отжимались по слоям вниз к центру синклинальных понижений или выжимались вверх в антиклинальных.

Генезис пликативных дислокаций обязан подводному оползанию неуплотненных осадков. Известно широкое распространение в бассейновых условиях подводных оползней крупных масштабов. Интересны примеры подводных оползней на дне современных субарктических и арктических морей, близких к термическим и гидро- и литодинамическим условиям осадконакопления в плейстоценовых морях, омывающих северную Евразию.

Оползневые деформации в осадках современных водоемов достигают значительных размеров, они соразмерны с описанными плейстоценовыми дислокациями. Может быть несколько причин образования оползневых и в частности пликативных дислокаций. Одной из возможных и, вероятно, главной причиной является нарушение на пологом склоне дна равновесного состояния сильно увлажненных мелкодисперсных осадков, приобретающих в процессе накопления коагуляционную непрочную тиксотропную структуру, нарушаемую при начале движения. Уменьшение угла наклона дна по ходу движения оползня вызовет в месте выполаживания торможение основания смещающейся пачки осадков и, при соответствующей консистенции, обуславливающей их пластические свойства, приведет к попятному пликативному сморщиванию всей пачки, образованию складок вверх по склону. Возникают не только складки «гармоникой», но и складки типа надвигов, опрокинутые, волочения и т.п. Оползни из тонкого глинистого

материала возникают при углах наклона 5-10°, но при толчке могут произойти и на склонах менее 2°; оползневые отложения, обусловленные пластическим течением грунта, сохраняют исходную стратификацию, нередко в смятом виде, то есть образуют складки.

Даже слабые проявления сейсмичности вызывают разрушение подвижных коагуляционных тиксотропных структур осадка и тем содействуют их поступательному движению на пологом склоне дна. Известно, что землетрясениям придается большое значение при возникновении оползней на дне водоемов. Считается, что возникновение дислокаций во влагонасыщенных донных илах может быть связано также с ростом локальных тектонических структур, движению по зонам разрывных нарушений.

В некоторых местах, например в бассейне р. Печоры, подобные дислокации развиты в немерзлых отложениях. На севере Западной Сибири плейстоценовые отложения находятся, как правило, в вечномерзлом состоянии. Именно здесь своеобразие пликтивных дислокаций в плейстоценовых отложениях заключается в том, что они в своем развитии оказались сопряженными с льдообразованием.

Установлено, что в мерзлых плейстоценовых толщах дислокации сопровождаются закономерным распределением в них льда. В каком же генетическом и временном соотношении находятся пликтивные дислокации и льдообразование в осадочных толщах, то есть явление криолитогенеза?

На п-ове Ямал И.Д. Данилов наблюдал крупные тела льда на контакте глинистых алевроитов и песков. Массивный лед участвует в общих дислокациях, но сам не дислоцирован и залегает согласно напластованию пород, образует ядра антиклинальных структур.

На Ямале и Гыдане отмечается залегание пластов льда в соответствии с дислоцированными вмещающими породами, которые часто смяты в складки; сообщается, что на северо-востоке Гыдана в ледово-морских отложениях салехардской свиты наблюдаются криогенные текстуры, которые характеризуют условия субквального промерзания.

В низовьях Сеяхи на Ямале наряду с залежами льда горизонтального залегания наблюдаются куполовидные складки, ядро которых сложено чистым льдом, а крылья - льдистыми глинами, слои которых повторяют конфигурацию кровли ледяного ядра; в поперечном разрезе складки измеряются десятками метров.

На Карском побережье п-ва Ямал В.Д. Тарноградским описаны слоистые плейстоценовые песчано-глинистые породы, сильно дислоцированные; пласты этих пород имеют крутые углы наклона. Размеры складок - несколько метров в высоту и ширину, но иногда высотой до 25 м. Дислоцированные песчаные породы включают залежи льда, залегающие в соответствии с формой контакта и часто в ядрах складок. Слои льда и породы в складках залегают согласно.

Расположение ледяных шпиров вдоль осадочной слоистости пликтивно дислоцированных плейстоценовых пылеватых суглинков наблюдалось в низовьях р. Енисей. При этом отмечалось явное утолщение ледяных образований в замках складок.

Итак, ясна картина закономерного расположения ледяных образований в дислоцированных плейстоценовых песчано-глинистых отложениях. Наиболее характерно расположение ледяных шпиров вдоль седиментационных слоев, особенно вдоль контактов литологически различных напластований и следование этих шпиров, в соответствии со слоистостью, всем деформациям, которые претерпевают смятые в складки слои; характерно также скопление льда в замках складок, образующего ядра, как бы зажатые в антиклинальных и синклиналиных их частях, с постепенным утоньшением к крыльям складок.

Подобные соотношения дислокаций и льда говорят о сингенетичности деформирования осадков и льдообразования. Два других, казалось бы возможных, варианта формирования льдистости в дислоцированных породах, неприемлемы на следующих основаниях. Первый - промерзание и льдообразование в первоначально

недислоцированных осадках, с последующим смятием в складки возникшей мерзлой толщи под влиянием ледника, исключается, так как нет видимых следов изменения структуры льда, обязанного развитию напряжений, связанных с дислоцированием; вообще едва ли принципиально возможны пликвативные дислокации мерзлой толщи такого масштаба при отсутствии видимого импульса, способного их вызвать. Второй вариант - эпигенетическое промерзание ранее смятых в складки влагонасыщенных осадков и последующее льдообразование в них исключается, так как в этом случае было бы неизбежно образование параллельных друг другу, почти горизонтальных ледяных шпиров, в основном ориентированных вдоль последовательно смещающегося вниз, субгоризонтального фронта промерзания, лишь слегка отклоняющихся от этого направления в связи с литологическими неоднородностями, обусловленными дислокациями, но никак не строгое следование ледяных образований контурам самих дислокаций.

О сингенетичности же дислокаций и льдообразования свидетельствуют признаки субаквального промерзания дислоцируемых салехардских отложений на Гыданскм п-ве, присутствие ледяных ядер в замках складок в сочетании с увеличением здесь же и мощности вмещающей породы, присутствие льда, участвующего в дислокациях, но самого не дислоцированного и залегающего согласно напластованию пород. Признание сингенетичности дислокаций и льдообразования снимает вопрос о последовательности и одновременности тех и других явлений.

Итак, отмеченное закономерное распределение льда в дислоцированных породах следует ставить в прямую зависимость от самого процесса дислоцирования. Ясно, что дислокации осадков явились стимулятором льдообразования в них и в соответствии с контурами самих дислокации.

Какая же термическая и литодинамическая обстановка могла обусловить последовательность процессов, приведших к возникновению в плейстоцене столь своеобразного осадочно-криогенного комплекса? Вспомним, что дислокации свойственны морским отложениям, соответствующим сублиторали или наиболее приглубым участкам литорали. По своим литолого-фациальным особенностям эти отложения близки современным осадкам Карского и Баренцева морей. Поэтому вполне естественно постараться приблизиться к пониманию условий формирования плейстоценовых отложений, соотнося их с современными условиями названных морей.

В современных арктических морях на глубинах ниже 15-18 м даже летом сохраняются отрицательные температуры. По некоторым данным температура субаквальных мерзлых пород близка к точке фазовых переходов воды, изменяющейся в зависимости от степени минерализации воды от 0 до -2°C . Показано, что в пределах сублиторали с глубинами от 20 до 200 м мерзлые породы находятся непосредственно под дном моря.

Есть основания полагать, что поровые воды осадков арктических морей в пределах сублиторали и отчасти литорали в температурном отношении находятся «на грани» фазовых переходов и лишь разная степень их минерализации определяет то мерзлое, то переохлажденное - немерзлое состояние. Не только минерализация, но и пребывание поровых вод мелко- и тонкодисперсных осадков в основном в рыхлосвязанном состоянии понижает температуру их замерзания. Поэтому температуры, близкие к значениям фазовых переходов, еще более тормозят превращение поровых вод в лед.

Уже отмечалось литологическое сходство современных морских осадков и плейстоценовых, что при их региональной общности дает основание проводить параллели между ними и в других отношениях.

Свежие морские илы метастабильны, в процессе накопления образуют хлопья, они высокодисперсны, водонасыщены, обладают коагуляционными структурами, отчего они тиксотропны, способны к разжижению. Мелко- и тонкодисперсная фракция осадка как бы подчиняет себе крупную фракцию, во многом определяет ее поведение в сложном

комплексе донных литодинамических процессов. Илы в песчаной толще понижают ее стабильность, делают более динамичной.

Накапливающиеся мелкодисперсные донные осадки, первоначально залегающие горизонтально, сохраняют до времени относительную устойчивость, несмотря на формирующиеся в ходе седиментации такие свойства метастабильной системы, как тиксотропность, способность к разжижению и т.д. При этом рыхлосвязанная поровая вода, заключенная в непрочном минеральном каркасе, не меняет своего состояния и остается в покое.

Спонтанное нарушение равновесного состояния донных осадков может быть связано с нарушением устойчивости толщи, обусловленным самим ее физическим состоянием из-за ее метастабильности при интенсивном осадконакоплении, либо с превышением предельного угла наклона кровли осадочной толщи при неравномерном пространственном осадконакоплении или с толчками от землетрясений.

Итак, с нарушением равновесного состояния мета стабильных осадков начинается их движение, которое вызывает ослабление и нарушение коагуляционных связей и полное разрушение непрочного каркаса, свойственного коагуляционной структуре. При этом осадок, содержащий большое количество воды рыхлосвязанной, но по своему состоянию близкой к свободной, удерживаемой непрочным каркасом, соответствующим образованию наиболее рыхлой структуры глин при гидрофильной коагуляции суспензии, высвобождает эту воду, она целиком переходит в свободную.

Мы знаем, что при сохранении осадком пластических свойств происходит не просто его сползание или оплывание, но пликативное смятие с образованием складок. Вероятно, сам механизм смятия в складки, развивающиеся при этом механические напряжения еще более содействуют тиксотропному разупрочнению осадков и выделению при этом свободной воды. Внутри деформируемой пачки осадка происходит местное его перемещение, обусловленное возникновением пликативной дислокации в связи с таким распределением напряжений, которое способствует оттоку весьма подвижного материала со стороны крыльев в сторону замков складок как антиклинальных, так и синклиналиных: в замках складок наблюдается увеличение массы осадка, на крыльях - ее уменьшение. При интенсивном перемещении со стороны крыльев каждой складки встречных потоков легкоподвижной массы осадка в вершину антиклинали иногда возможен прорыв кровли и развитие диапировых структур.

При тиксотропном разупрочнении происходит выделение и отделение свободной воды от минерального грунта. Отделение свободной воды должно быть наибольшим там, где больше масса перемещаемого осадка, и там, куда направлен поток вещества, из-за смятия в складки. Поэтому помимо выделения свободной воды на контактах литологически разнородных слоев должно быть и наибольшее выделение и скопление воды в замковых частях складок, что важно для выяснения ранее указанных закономерностей.

Спокойно залегающие осадки в поле отрицательных температур, содержащие рыхлосвязанную поровую воду, температура замерзания которой ниже замерзания воды свободной, остаются в талом состоянии неопределенно долгое время. Если же эти осадки деформируются, сминаются в складки и т.п., то при этом они неизбежно претерпевают тиксотропное разрушение коагуляционной структуры с высвобождением рыхло связанной воды и превращением ее в свободную. Последняя (при относительно невысокой минерализации) уже соответствует повышенным температурам замерзания (несколько ниже 0°) и поэтому превращается в лед. Так как водонасыщение осадка является послойным, то выделение и отделение воды от осадка тоже будет послойным, что и приводит к возникновению шпиров льда, приуроченных к контактам деформированных слоев, образующих складки и тому подобные структуры. Перемещение вместе с массой осадка вода в сторону замков складок и ее выделение и скопление здесь при

тиксотропном разрушении коагуляционной структуры объясняет и образование ледяных ядер в замках антиклиналей и синклиналей пликвативных дислокаций.

Итак, дислоцированная толща ранее тиксотропного осадка оказывается прочно армированной ледяным цементом, повторяющим рисунок самих дислокаций, исключая возврат к исходной коагуляционной структуре. Все вышеизложенное позволяет логически и причинно увязать дислоцирование и льдообразование. При этом льдообразование выступает как следствие первого при определенной термической ситуации в бассейне.

Есть все основания, опираясь на современные условия в арктических морях, аналогизировать их с обстановкой в условиях сублиторали и нижней части литорали средне- и верхнеплейстоценовых морей западного сектора Евразии. Следует иметь в виду несколько большее опреснение морского водоема в то время по сравнению с современным и тогда температуры «на грани» фазовых переходов, близкие к 0°C, будут в наибольшей степени содействовать развитию описанного комплекса процессов. Это обстоятельство лишь укрепляет высказанную выше концепцию формирования пликвативных дислокаций и причинно связанных с ними явлений криолитогенеза в плейстоцене Севера СССР.

Описанный процесс криолитогенеза с формированием льдистых дислоцированных толщ морских осадков не может быть отнесен ни к синкриогенному, ни к эпикриогенному его типу и, по-видимому, должен рассматриваться в качестве самостоятельного специфического субаквального типа криодиагенеза.

Ссылка на статью:



Попов А.И. Дислокации и криолитогенез в плейстоценовых отложениях севера СССР.

- В сб.: Палеогеография и полезные ископаемые плейстоцена севера Евразии. Л., ГО СССР, 1986, с. 146-152.