

*А.И. ПОПОВ*

### **ПОЛИГОНАЛЬНО-ЖИЛЬНЫЙ ЛЕД В БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЕ**

Весьма характерным типом образований полярного покровного комплекса в Большеземельской тундре являются полигональные торфяники с жильным льдом. Полигональные торфяники имеют здесь широкое распространение. В частности, они наблюдаются в районе Воркуты, где изучены полнее всего.

Наиболее значительные по площади сплошные поля торфяников приурочены главным образом к крупным низинам и водораздельным котловинам, часто соответствующим участкам неотектонического опускания. Гораздо реже и лишь отдельными мелкими пятнами они встречаются на повышенных плоских или слабовыпуклых поверхностях водораздельных холмов и гряд, часто относящихся к зонам неотектонического воздымания, а также на террасах рек.

Мощность торфяников различна; чаще всего она равна 0,5-1,5 м, но иногда увеличивается до 3-4 м. Наблюдается постепенность перехода торфа в подстилающие озерные суглинки, на которых они всегда залегают. Такая постепенность перехода свидетельствует о генетической взаимосвязи озерных отложений и торфа: выполнение озер осадками завершилось образованием болот с последующим торфонакоплением.

Массивы мерзлого торфа на всей исследуемой территории пронизаны вертикальными ледяными жилами, образующими в плане крупную полигональную сеть и имеющими неправильную клиновидную форму вкрест простирания (рис. 1). Размер полигонов в поперечнике от 3-5 до 15-20 м и более.

В толще торфа обычно наблюдается два (снизу вверх) горизонта: 1) торф коричневый и темно-коричневый, средне- и сильноразложившийся и 2) торф желтый и темно-желтый, слабо-разложившийся, часто листоватый.

Ледяные жилы, которые залегают в торфе, в поперечном разрезе имеют обычно форму неправильного клина. По вертикали ледяные жилы прослеживаются до глубины 2,5-3 м. Их ширина в верхней части от 0,3-0,5 м до 1-2 м.

При обычной мощности торфа (от 0,5 до 1,5 м) большая часть каждой ледяной жилы располагается под торфом, в мерзлом озерном суглинке.

Лед ледяных жил характеризуется неясно выраженной вертикальной полосчатостью, что является следствием заполнения морозобойных трещин водой с примесью мелких минеральных и органических включений, впоследствии замерзающей. Последовательное из года в год образование трещин, проникновение в них мутной быстро замерзающей воды приводит к разрастанию ледяных жил в стороны. Клиновидная форма (вкрест простирания) каждой трещины и возникающей в ней ледяной жилки наследуется жилой в целом. Однако встречаются участки льда, особенно по периферии ледяных жил, которые не имеют следов вертикальной полосчатости и тем самым указывают на участие в составе жил не только льда элементарных жилок.

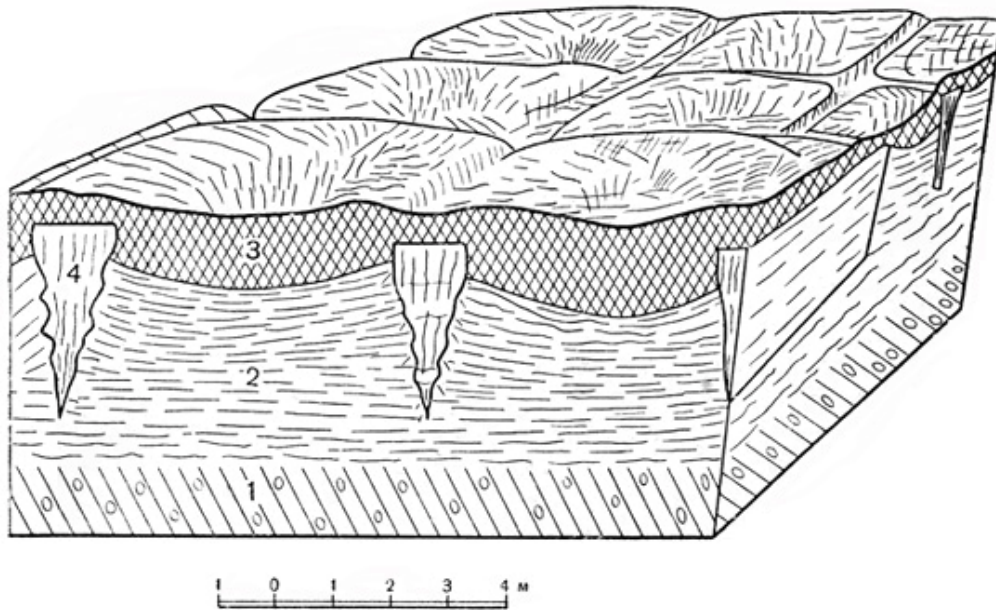


Рис. 1. Полигонально-жильный лед в озерно-болотных отложениях (район Воркуты):  
1 — суглинок с галькой; 2 — озерный суглинок; 3 — торф; 4 — ледяные жилы

В ходе полевых работ в районе Воркуты в 1959 г. получены данные, свидетельствующие, вопреки существующим представлениям [*Пьявченко, 1955; Иванова, 1960* и др.] о сингенетическом торфонакоплении и развитии трещинного льда, т.е. о промерзании и подверженности морозобойному трещинообразованию торфа в процессе его накопления. Об этом свидетельствует характер контакта ледяных жил с вмещающей породой - торфом и отчасти озерным суглинком.

Как видно на рис. 2, этот контакт неровный, он представляет собой как бы многочисленные отростки или зубчики, которые проникают во вмещающую породу. Такие зубчики располагаются симметрично по краям ледяных жил и представлены прозрачным льдом. Весьма важной особенностью, осложняющей отмеченное строение ледяных жил, является следующая закономерность, правда не всегда хорошо различимая: в теле ледяных жил, между зубчиками, наблюдаются либо горизонтальные, либо выгнутые в виде арки широкие поперечные полосы, в пределах которых лед выглядит белесым вследствие обилия очень мелких пузырьков воздуха. Кроме того, в таких полосах наблюдаются скопления темных сгустков и кусочков минерального и органического материала, не образующих вертикальных полосок, но подчеркивающих описанное своеобразие строения ледяных жил. Ширина поперечных полос, имеющих весьма неясные контуры снизу и сверху, достигает 15-20 см. Эти поперечные полосы во многих местах рассечены вертикальными элементарными жилками, которые выступают в данном случае в качестве вторичного, наложенного элемента. Совершенно ясно, что при эпигенетическом образовании ледяных жил, т.е. после отложения торфа, контакт должен быть ровным и никаких ледяных отростков, подобных наблюдаемым, а также поперечных полос быть не должно. Следовательно, отмеченные особенности строения возникали по мере роста ледяных жил вверх, т.е. они свидетельствуют о стадийном и отчасти фронтальном их росте вверх в ходе торфонакопления, т.е. о сингенетическом росте.

При неполной еще ясности в вопросе о механизме этого роста, все же сам по себе факт сингенетичности едва ли можно оспаривать. Необходимо отметить еще некоторые особенности строения торфяных полигонов и сопутствующих им ледяных жил.

На земной поверхности полигоны нередко имеют вогнутость в центре, пониженное, обычно заболоченное пространство, окаймленное как бы валиком. Два

соседних валика двух соседних полигонов обычно разделены сравнительно узкой пониженной полосой - зоной систематически возникающих морозобойных трещин. Под этими понижениями между валиками и под самими валиками в основании слоя сезонного протаивания или несколько ниже располагается ледяная жила. Подобная закономерность в строении полигонов наблюдается не всегда. В тех частых случаях, когда ледяная жила частично или полностью протаяла, полигоны имеют вид плоских или слегка выпуклых с плоской вершиной бугров и тогда ни центральной впадины, ни валиков не наблюдается. Такие образования получили в литературе название плоскобугристых торфяников.



Рис. 2. Зубчатый контакт ледяной жилы и вмещающей породы. От каждого зубца внутрь жилы прослеживается поперечная полоса, образуемая минеральными включениями и пузырьками воздуха.  
*Фото автора*

Для того чтобы сделать окончательный вывод о взаимосвязанном и одновременном торфонакоплении и жильном льдообразовании, необходимо обратить внимание на еще одну важную деталь строения торфяников. В некоторых случаях удается наблюдать изменение мощности торфа в направлении от ледяных жил внутрь полигонов: у ледяных жил она меньше, в центре полигонов - больше. Такая закономерность со всей отчетливостью наблюдалась нами на торфяниках в низовье Оби, на севере Западной Сибири [*Попов, Смирнова, 1964*]. В Большеземельской тундре обнаруживается такая же закономерность. Эта закономерность также свидетельствует о сингенетичности, о подчинении условий торфонакопления некогда возникшей и постоянно развивающейся полигональной системе при участии жильного льдообразования.

На основании всего вышеизложенного следует вывод о взаимосвязанном торфонакоплении и жильном льдообразовании, которое нам представляется следующим образом.

На стадии перехода от мелкого озера к болоту происходило промерзание озерных осадков с образованием вечной мерзлоты. В последующем началось морозобойное трещинообразование, возникновение полигонально-жильного льда. Полигональные системы, однажды возникнув, непрерывно контролировали торфонакопление. Так как морозобойные трещины в накапливаемом торфе, постепенно переходящем в

вечномерзлое состояние, возникали ежегодно, образование и разрастание жильного льда в полигонах продолжалось.

В результате постепенного поднятия верхней поверхности вечной мерзлоты в ходе торфонакопления, жильный лед, при участии и фронтального роста, также рос вверх, сочетая в себе элементы горизонтального и вертикального залегания. Торфяные болота принимали вид вогнутых валиковых полигонов с центральной заболоченной впадиной. Торфонакопление во внутренних избыточно увлажненных впадинах полигонов происходило более успешно, чем на валиках. Таким образом, различие в строении торфяных блоков-полигонов и разделяющих их участков с ледяными жилами обусловлено самой природой совокупного торфонакопления и жильного льдообразования.

Особенности торфяников с точки зрения теплофизической имеют очень большое значение для формирования полигональных систем и трещинного льда. Именно этими особенностями объясняется малая глубина деятельного слоя на торфяниках, низкая температура вечной мерзлоты и высокая степень льдистости как самого торфа, так и подстилающего озерного суглинка. Все эти факторы благоприятствуют развитию рассматриваемого комплекса.

Торфяники распространены главным образом в низинах. Как показали наши наблюдения, наиболее широкое площадное развитие они получают в зонах неотектонического опускания в четвертичное время. Завершение накопления осадков в озерах, расположенных в низинах, и начало торфонакопления в различных низинах и разных их частях происходило далеко не одновременно. Это связано, вероятно, с неодинаковыми темпами неотектонических движений в разных местах. По-видимому, имеются реликтовые озера, которые сохраняются с очень отдаленного времени до наших дней. Хотя следует иметь в виду, что многие современные озера как в низинах, так и на водоразделах представляют собой вторичные термокарстовые озера. Древние озера осушались и заторфовывались также неравномерно на площади. Как уже говорилось, полигональные торфяники с жильным ледяным каркасом занимают обширные пространства, приуроченные к зонам неотектонического опускания и потому являются хорошим диагностическим признаком последних. Однако мощность торфа очень сильно колеблется (от нескольких сантиметров до 2-3 м и более) на довольно коротких расстояниях, что связано, в частности, с отмеченной выше неравномерностью накопления торфа в полигонах. Поэтому среди торфа нередки «окна» минерального озерного субстрата.

Торфонакопление в основном отвечает этапу так называемого термического максимума в голоцене и, по мнению многих исследователей, не совместимо с одновременным существованием вечной мерзлоты, которая, по их мнению, возникла в торфе позже, вместе с жильным льдом [Кац, 1939; Пьявченко, 1955; Иванова, 1960].

Наши данные по району Воркуты свидетельствуют, вопреки такому мнению, о том, что торфонакопление, промерзание и жильное льдообразование происходили одновременно. Такое сочетание является вполне естественным, если термический максимум в голоцене рассматривать как этап морской регрессии, осушившей значительную часть шельфа Баренцева моря и способствовавшей усилению континентальности климата. При этом зима была холоднее, а лето - теплее, чем в настоящее время, промерзание и прочие мерзлотные процессы были интенсивнее современных, а протаивание глубже, чем теперь. Должно быть, на торфянике эти различия сильно скрадывались благодаря специфическим тепловым свойствам торфа. При условии более глубокого протаивания и, значит, лучшего прогревания субстрата лесная граница должна была несколько сместиться к северу.

Некоторое усиление термокарста в эпоху так называемого термического максимума вследствие углубления протаивания тем не менее не только не приводило к полному уничтожению вечной мерзлоты, но даже не противоречило относительно более

суровому мерзлотному режиму ниже основания деятельного слоя (суровая зима), сопровождавшему жильное льдообразование.

После эпохи термического максимума, т.е. с уменьшением континентальности климата, мерзлотный режим не претерпел существенных изменений, но глубина протаивания стала меньше. При этом термокарст полностью не прекратился, а продолжался, хотя и в несколько ограниченных размерах.

К настоящему времени термокарст привел к весьма существенному преобразованию полигональных уже реликтовых торфяников: жильный лед вытаял на больших пространствах, в результате чего сформировался рельеф так называемых плоскобугристых торфяников, когда плоские торфяные блоки разделены друг от друга то более, то менее узкими, но часто глубокими термокарстовыми межблочьями, возникшими на месте полностью или частично вытаявшего жильного льда. Иногда обнаруживаются псевдоморфозы по жильному льду в озерных суглинках и отчасти в торфе. Но во многих местах торфяники с жильным льдом сохранились и местами еще продолжают наращивать жильный лед. Об этом свидетельствуют свежие морозобойные трещины, кое-где обнаруживающиеся в пониженных полосах между плоскими торфяными блоками.

## ЛИТЕРАТУРА

*Иванова Т.Ф.* Жильные льды в Большеземельской тундре. «Тр. сев. отд. Ин-та мерзлотовед. АН СССР», 1960, № 1.

*Кац Н.Я.* О динамике вечной мерзлоты в низовьях Оби в послеледниковое время. «Бюл. МОИП», 1939, т. 18 (2-3).

*Попов А.И.* Покровные суглинки и полигональный рельеф Большеземельской тундры. В сб.: «Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии». Изд-во МГУ, 1962.

*Попов А.И., Смирнова Т.И.* Подземный лед в озерно-болотных отложениях на севере Западной Сибири. «Вестн. Моск. ун-та», сер. геогр., 1964, № 2.

*Пьявченко Н.И.* Бугристые торфяники. Изд-во АН СССР, М., 1955.

**Ссылка на статью:**



**Попов А.И. Полигонально-жильный лед в Большеземельской тундре // Подземный лед. Выпуск I. М.: Изд-во МГУ. 1965. С. 160-166.**