

В.В. БАУЛИН

*Производственный и научно-исследовательский институт  
по инженерным изысканиям в строительстве*

### **ИСТОРИЯ «ПОДЗЕМНОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ» ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ТРАНСГРЕССИЕЙ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА**

Общая картина распространения и строения многолетнемерзлых пород в Западной Сибири в настоящее время достаточно хорошо изучена благодаря усилиям многих исследователей (А.И. Попова, В.Н. Сакса, В.М. Пономарева, Д.И. Дьяконова, А.А. Земцова, Г.Б. Острога, В.В. Баулина, Г.И. Дубикова, Е.Б. Белопуховой, Л.М. Шмелева, геологов Гидропроекта, НИИГА, ВСЕГЕИ, ВНИИГРИ и других организаций.

Вся область распространения многолетнемерзлых пород разделена на три мерзлотных зоны [Баулин, 1958; Баулин и др., 1967; Земцов, 1958; Попов, 1953; 1957].

На самом севере низменности (к северу от 66-67° с.ш.) расположена зона монолитного (по глубине) строения мерзлых толщ - северная, мерзлотная зона. Мерзлые породы пройдены здесь многочисленными скважинами в районе Усть-Енисейского порта и разведочными скважинами в районах газовых месторождений Тазовского, Заполярного, Ново-Портовского и в других районах. Преобладающее количество скважин вскрыло монолитную толщу многолетнемерзлых пород. Мощность мерзлой толщи в этой зоне колеблется от 450-500 м на 70° с.ш. до 300-350 м на широте северного полярного круга.

Южнее расположена зона двухслойного строения многолетнемерзлых пород - центральная мерзлотная зона. Южная граница ее совпадает с границей распространения мерзлых пород с поверхности. Многолетнемерзлые породы прослеживаются до глубины 50-80 м (верхний слой многолетнемерзлых пород). Ниже, до глубины 50-150 м, лежат талые породы, а под ними - вновь мерзлые породы (реликтовая мерзлая толща). В некоторых районах этой зоны вскрыта монолитная мерзлая толща. Как правило эти районы приурочены к безлесным пространствам. Мощность верхнего мерзлого слоя заметно уменьшается к югу. Южнее 63° с.ш. мерзлые породы этого слоя не встречаются. Глубина залегания кровли реликтовой мерзлой толщи колеблется весьма значительно, но в целом наблюдается увеличение ее с севера на юг с 70-80 до 150 м и более. Подошва реликтовой мерзлой толщи залегает на глубине около 350 м.

От 63° до 60° с.ш. вскрыты только реликтовые мерзлые породы - южная мерзлотная зона. Кровля их лежит на глубинах 150-230 м, подошва мерзлых пород опускается до глубины 350-400 м, а иногда и более. Реликтовые мерзлые породы имеют широкое, но не повсеместное распространение. Они отсутствуют, например, в поймах крупных рек и в некоторых случаях на первой надпойменной террасе, что связано с отепляющим влиянием этих рек.

Сопоставление данных о глубинах залегания подошвы многолетнемерзлых пород в различных мерзлотных зонах позволяет выявить весьма интересную картину. На крайнем

севере низменности (70° с.ш.) мощность мерзлых толщ, видимо, превышает 500 м. У полярного круга она уменьшается до 300-350 м. В центральной зоне глубина многолетнего промерзания в общем мало изменяется по широте и равна примерно 350-400 м. На 61-62° с.ш. (бассейн р. Елогуй) подошва мерзлых отложений залегает на тех же (или даже на больших) глубинах, что и в центральной зоне. Эти данные свидетельствуют о своеобразии процесса многолетнего промерзания отложений в Западной Сибири на протяжении четвертичного периода.

Отметим еще одну особенность мерзлых пород северной мерзлотной зоны, имеющую для нас важное значение. Примерно по 68° с.ш. на западе низменности и по 69° с.ш. - на востоке ее проходит граница, южнее которой все породы, за исключением позднеголоценовых осадков, промерзали эпигенетическим способом (подзона эпигенетических мерзлых толщ). Севернее этой границы тип промерзания прибрежно-морских и аллювиальных осадков был иной - сингенетический (подзона полигенетических мерзлых толщ). Благодаря этому к северу от 68-69° с.ш. породы отличаются высокой льдистостью (до 50-60% от объема породы) и специфическим криогенным строением (мощность сингенетического горизонта 5-15 м).

В подзоне полигенетических мерзлых толщ также встречаются участки, сложенные салехардскими морскими осадками, которые промерзали только эпигенетическим способом.

Много лет немерзлые породы, распространенные на территории Западно-Сибирской низменности, формировались на протяжении четвертичного периода под влиянием комплекса природных факторов. Наиболее существенным среди них являются трансгрессии Арктического бассейна и палеоклиматические условия четвертичного периода, которые предопределяли длительность и интенсивность процессов многолетнего промерзания и протаивания отложений.

Поэтому в данной статье анализируются, главным образом, закономерности распространения мерзлых толщ большой мощности, криогенное строение пород и палеоклиматические условия их промерзания. Такие характеристики мерзлой толщи, как распространение с поверхности, средняя годовая температура, слой сезонного протаивания могут сравнительно быстро изменяться под влиянием короткопериодных колебаний климата, местных условий (литология, растительность, микрорельеф и другие), и их рассмотрение в нашу задачу не входит. Трансгрессии Арктического бассейна практически не повлияли на них.

Частичное протаивание мерзлых пород и образование реликтового мерзлого слоя, как показывают расчеты и анализ палеогеографических условий плейстоцена и голоцена [Баулин, 1958; 1962] произошли в период климатического оптимума голоцена и совершенно не связаны с водным бассейном. На мощность мерзлых толщ (глубину залегания их нижней границы) в Западной Сибири трансгрессия Арктического бассейна оказала существенное влияние.

Глубина залегания подошвы мерзлой толщи определяется многими факторами, среди которых весьма важными являются тектоническое строение и крупные реки. Над положительными тектоническими структурами, особенно высоких порядков, и под такими реками, как Обь, Енисей и другие, мерзлые породы оттаивают полностью или мощность их резко уменьшается [Баулин и др., 1967; Острый, 1962]. Поэтому для выяснения влияния палеогеографических и палео-климатических условий на мощность мерзлых толщ отбирались данные по районам, расположенным на водоразделах и за пределами тектонических поднятий, т.е. в условиях, наиболее благоприятных для промерзания отложений.

Вся история развития мерзлых толщ может быть условно разбита на четыре этапа. Для нас наибольший интерес представляют первые два, связанные с трансгрессией и регрессией моря.

**Первый этап** развития толщи многолетнемерзлых пород охватывает большой период времени - с начала многолетнего промерзания пород до окончания Ямальской трансгрессии. Промерзание пород на севере Западной Сибири относится к началу четвертичного периода, когда произошло похолодание климата. С начала плейстоцена и до казанцевского времени территория низменности была занята опресненным водным бассейном, южная граница которого в период максимума трансгрессии достигала 62-63° с.ш. На протяжении значительной части первого этапа развития мерзлых толщ водный бассейн располагался к северу от 64-66° с.ш. Породы, промерзшие к началу трансгрессии, под опресненным водоемом неизбежно должны были оттаять; поэтому мерзлые толщи, существующие в настоящее время к северу от этих широт, начали формироваться после регрессии моря.

Климатические условия, благоприятные для промерзания пород, преобладали на протяжении всего первого этапа. Об этом свидетельствуют многочисленные находки псевдоморфоз по повторножильным льдам в отложениях всех стратиграфических горизонтов, начиная с тобольского, причем значительно южнее современной южной границы многолетнемерзлых пород (58° с.ш., на р. Иртыш) [Баулин и др., 1967; Шмелев, 1966]. Повторножильные льды могут расти при весьма низких среднегодовых температурах грунтов, по-видимому, не выше - 3, -4°.

Современная граница многолетнемерзлых пород расположена на 400-500 км южнее районов, где встречены растущие повторножильные льды в минеральных грунтах. Это дает основание предполагать, что мерзлые толщи в наиболее холодные эпохи проникали на юг по крайней мере до 54-55° с.ш.

Таким образом, формирование существующих в настоящее время мерзлых толщ к югу от водного бассейна могло происходить с начала четвертичного периода. Несомненно, колебания климата происходили и в это время, но в целом климат был холоднее современного и процесс промерзания явно преобладал над процессом протаивания осадков.

Окончание первого этапа развития мерзлых толщ связывается с регрессией морского бассейна из пределов низменности.

Таким образом, период промерзания отложений, расположенных на 60-62° с.ш., был более продолжительным, чем на широте северного полярного круга, и породы на юге успели промерзнуть на большую глубину, чем на севере. Эти рассуждения вполне логично объясняют своеобразное распределение мощностей мерзлых толщ.

**Второй этап** развития толщи многолетнемерзлых пород охватывает вторую половину верхнего плейстоцена и часть голоцена (до климатического оптимума). По мере регрессии водного бассейна на протяжении казанцевского времени многолетнее промерзание происходило на новых территориях, освободившихся от моря. На островах, появившихся на крайнем севере низменности при понижении уровня моря, началось эпигенетическое промерзание пород. Поэтому в настоящее время в подзоне полигенетического промерзания на высоких водоразделах встречаются обширные поля эпигенетически промерзших осадков.

На протяжении всего второго этапа климатические условия также, видимо, способствовали промерзанию пород. Об этом свидетельствуют псевдоморфозы по повторножильным льдам, обнаруженные в верхнеплейстоценовых отложениях. Свидетельства более суровых климатических условий в верхнем плейстоцене по сравнению с современными мы находим и в криогенном строении аллювиальных отложений на п-ове Ямал. Породы, промерзшие сингенетическим способом с повторножильными льдами встречены на 68-69° с.ш., а современные сингенетические отложения накапливаются только на 70° с.ш., что также указывает на более суровые климатические условия в прошлом [Баулин и др., 1967].

Возможно, что южная граница мерзлых толщ во время второго этапа их развития несколько сместилась к северу по сравнению с предыдущим этапом. Южная граница сингенетического промерзания осадков, по-видимому, проходила по 64-65° с.ш.

Наиболее интенсивно промерзание отложений происходило в заполярных районах низменности. Поэтому на самом севере Западной Сибири мощность мерзлой толщи достигает 500 м, а к северному полярному кругу уменьшается до 300-350 м.

Следовательно, о зональности мерзлых толщ большой мощности можно говорить только для северной мерзлотной зоны. В центральной и южной мерзлотных зонах благодаря влиянию трансгрессии мощность мерзлых пород незональна.

Последующее развитие мерзлых толщ определялось потеплением климата и частичным протаиванием пород (климатический оптимум - третий этап развития мерзлых толщ) и последующим похолоданием и новым промерзанием пород (позднеголоценовое время - четвертый этап развития мерзлых толщ). Эти этапы оказали существенное влияние на строение мерзлых пород по вертикали и особенности их криогенного строения.

В период климатического оптимума южная граница распространения мерзлых пород проходила примерно по 68-69° с.ш. К югу от этой широты породы на большей части территории протаивали. Этим объясняется прохождение границы по 68-69° с.ш., севернее которой преобладают осадки, промерзшие сингенетическим способом, а к югу - эпигенетическим. Глубина протаивания увеличивалась с севера на юг до 100-200 м. В позднеголоценовое время оттаявшие породы вновь промерзли, но далеко не достигли максимальных пределов своего распространения.

Многочисленные пульсации границы распространения многолетнемерзлых пород в Западной Сибири, вызванные морскими трансгрессиями, регрессиями и колебаниями климата, привели к заметному изменению высоты геоморфологических уровней [Баулин и др., 1967]. Суммарное содержание льда в отложениях достигает 50-60% от объема породы, причем мощность высокольдистых горизонтов достигает 15 м. При оттаивании породы и оттоке воды объем протаявшего осадка сократится и высота поверхности, которую он слагает, уменьшится. Высота аккумулятивной части террасы может уменьшиться вдвое.

Таким образом, геоморфологические уровни (в основном аллювиальные) сохранили свою первоначальную высоту в тех районах, где породы, раз промерзнув, уже не оттаивали (т.е. севернее 68-69° с.ш.) или льдистость слагающих их осадков была сравнительно небольшой (т.е. южнее 64-65° с.ш.). Именно в этих районах террасовая лестница выражена наиболее четко. От 64-65° до 68-69° с.ш. аллювиальные поверхности в прошлом были сложены высокольдистыми осадками и при оттаивании пород высота их заметно уменьшалась, но не равномерно, а в соответствии с распределением льда в породе. Изложенные материалы показывают, насколько важное значение для палеогеографии имеет изучение истории развития мерзлых пород на протяжении четвертичного периода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баулин В.В. (1958). К вопросу об истории развития многолетнемерзлых пород на севере Западно-Сибирской низменности. Вестник МГУ, сер. биол., почвоведч., геол., геогр., №1.
2. Баулин В.В. (1962). Основные этапы истории развития многолетнемерзлых пород по территории Западно-Сибирской низменности. Тр. Ин-та мерзлотоведения, т. 19.
3. Баулин В.В., Белопухова Е.Б., Дубиков Г.И., Шмелев Л.М. (1967). Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности. М.
4. Земцов А.А. (1958). О распространении многолетнемерзлых пород в Западной Сибири. Научные доклады Высшей школы, геолого-геогр. науки, № 3.

5. *Острый Г.Б.* (1962). Особенности залегания и формирования многолетнемерзлых пород в связи с геологическим строением территории (на примере приенисейской части Западно-Сибирской низменности). Тр. Ин-та мерзлотоведения, т. 19.
6. *Попов А.И.* (1953). Вечная мерзлота Западной Сибири. М.
7. *Попов А.И.* (1957). История вечной мерзлоты в СССР в четвертичный период. Вестник МГУ, сер. биол., почвоведч., геол., геогр., № 3.
8. *Шмелев Л.М.* (1966). Следы криогенных явлений в четвертичных отложениях Западно-Сибирской низменности и их палеогеографическое значение. В сб. «Четвертичный период Сибири». М.

**Ссылка на статью:**



**Баулин В.В. История «подземного оледенения» Западной Сибири в связи с трансгрессией Арктического бассейна. Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970, с. 404-409.**