

В.И. СОЛОМАТИН

СИНГЕНЕТИЧЕСКОЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПРОМЕРЗАНИЕ МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

До последнего времени жильные льды на европейском севере оставались малоизученными. Сравнительно ограниченное их распространение и небольшие размеры явились причиной слабого внимания к ним при различных исследованиях. Специальных исследований жильного льда здесь почти не проводилось.

Особенно отрицательно на степени изученности льда сказался тот факт, что на европейском севере, как правило, отсутствуют мерзлые обнажения с ледяными жилами. Некоторые сведения о распространении последних можно было получить косвенным путем при изучении полигонального рельефа. Немногочисленные шурфы, вскрывавшие лед, давали весьма скудный материал об особенностях его строения. Такого характера данные приводятся в работах Н.И. Пьявченко [1952, 1955], А.И. Попова [1959, 1960], Т.Ф. Ивановой [1962], Ю.Т. Уваркина [1962] и других, а также в отчетах Воркутской экспедиции географического факультета МГУ.

В период полевых исследований Печорской экспедиции МГУ летом 1962 г. на западном побережье Болванской губы было встречено и детально изучено обнажение мерзлых отложений морской террасы, содержащих большое количество сингенетических и эпигенетических жил льда. Результаты этих исследований частично освещены в нашей статье в сборнике «Кайнозойский покров Большеземельской тундры» [Соломатин, 1963]. В предлагаемой работе материалы приводятся в более полном объеме и дополняются рядом новых сведений.

В настоящее время уделяется большое внимание выяснению условий формирования различных мерзлотных текстур, а также применению мерзлотно-фациального анализа при палеогеографических построениях [Попов, 1959; Катасонов, 1962; Втюрин, Гасанов, 1962 и др.].

Основываясь на взглядах этих авторов, а также на личных наблюдениях, нам представилось возможным проследить развитие фации полигонально-жильных льдов в процессе формирования отложений морской террасы. Необходимо отметить, что далеко не все еще ясно в генезисе той или иной мерзлотной текстуры, и в литературе по этому поводу имеется ряд разногласий, что подчас затрудняет интерпретацию конкретных разрезов. В этом отношении весьма ценными были наблюдения, проведенные над современными фациями участков, только лишь освобождающихся от моря, в дельте р. Неруты, впадающей в Болванскую губу.

Формирование морской террасы относится к сартанскому времени (Q_3^4). Наличие в ее отложениях сингенетических жильных льдов свидетельствует о весьма суровых климатических условиях в период их накопления.

Морская терраса, в отложениях которой наблюдались ледяные клинья, в геоморфологическом отношении представляет собой ровную поверхность, приподнятую

над уровнем моря на 10-12 м. Она прослеживается узкой полосой, местами выклиниваясь, вдоль западного берега Болванской губы и вдоль правого берега р. Печоры от мыса Болванский Нос до устья правого притока Печоры - р. Ортиной. Ширина террасы обычно не превышает нескольких сотен метров, лишь местами достигая 1-2 км. На поверхности террасы чрезвычайно широко распространены торфяники с полигональным рельефом (рис. 1). Полигоны, как правило, не образуют правильной сетки. Размеры и форма полигонов сильно колеблются. Прослеживаются морозобойные трещины по крайней мере четырех генераций. Поверхность полигонов имеет вогнутый профиль. Центральная часть их заболочена, вдоль морозобойных трещин тянутся валики шириной около 1 м и высотой 0,3-0,5 м. Участки террасы, сложенные с поверхности торфом, чередуются с участками, лишенными торфяного покрова и занимающими слегка повышенное по отношению к первым положение. При этом подошва торфянистого горизонта имеет вогнутый профиль, а мощность торфа постепенно уменьшается в направлении к краю торфяников. Этот факт, на наш взгляд, объясняется первичной неровностью террасы. В то время как повышенные участки осушились, понижения оставались еще занятыми водой, превращались в лагуны, а затем в озера, которые заполнялись осадками и зарастали. При промерзании здесь формировались полигональные торфяники.

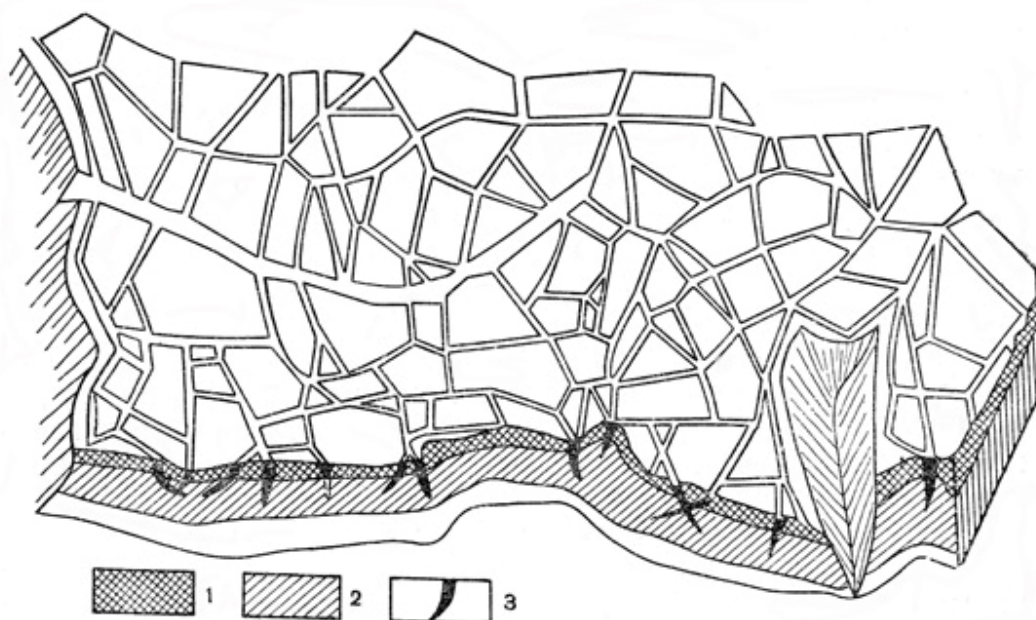


Рис. 1. Блок-диаграмма полигонального торфяника морской террасы с ледяными жилами:
1 — торф; 2 — сизые суглинки; 3 — жилы льда

Характер поверхности освобождающихся от моря участков можно наглядно проиллюстрировать на примере морской осушки на южном берегу Болванской губы. Осушка представляет собой обширное пространство, сложенное морскими отложениями и приподнятое над уровнем моря на 1-2 м. Она чрезвычайно сильно заболочена и заозерена, прорезана рукавами впадающей в губу р. Неруты.

Важно отметить, что рельеф в пределах осушки образован пологими, слабовыраженными повышениями, вытянутыми параллельно берегу. Понижения между ними заняты мелкими зарастающими озерами. Легко видеть, что если произойдет дальнейшее понижение уровня моря, то территория осушки превратится в террасу, на месте озер после их зарастания и промерзания разовьются полигональные торфяники, разделенные участками с минеральным субстратом, т.е. строение поверхности будет точно таким, какое наблюдается на описанной выше современной террасе.

Посмотрим теперь, в каких условиях в данном районе может происходить сингенетическое промерзание. Нам не удалось проследить распространение мерзлых пород на территории осушки. Но, вероятно, породы, слагающие гряды, находятся в мерзлом состоянии. Возможно также, что наиболее мелкие из озер промерзают до дна (глубина озер 1-1,5 м), и под ними на некоторой глубине формируется мерзлота, если и не на всей площади озера, то по крайней мере в некоторой прибрежной полосе. Большая часть озер системой ручьев сообщается с протоками рек, пересекающих осушку и впадающих в Болванскую губу. Во время прилива поднятие уровня воды приводит к обширному разливу озер. Вновь отлагаемые в них осадки подвергаются сингенетическому промерзанию. Сингенетические мерзлые породы могут формироваться также на некоторых участках бечевника р. Печоры. По данным М.Ф. Розена [1935], при бурении на бечевнике близ мыса Болванский Нос мерзлые породы были вскрыты на глубине около 3 м. Тем же исследователем установлено наличие мерзлоты на заливаемых при сильных нагонных ветрах островах дельты Печоры, выдвинутых далеко в море.

Таковы условия, в которых в этом районе промерзание пород может проходить сингенетично процессу осадконакопления.

Породы, слагающие морскую террасу, отличаются фациальной пестротой. Не останавливаясь детально на всех фациях, укажем лишь основные. В основании разреза на размывтой кровле подстилающих отложений там, где последние поднимаются над урезом моря, залегает валунно-галечниковый базальный горизонт с крупнозернистым песчаным заполнителем. Стратиграфически выше залегает слой суглинков сизо-серых тонов с относительно равномерно распределенным обломочным материалом. Еще выше располагаются сизые озерные суглинки, перекрытые слоем торфа. Озерные суглинки с торфянистым горизонтом залегают не сплошным горизонтом, а отдельными линзами.

Важно отметить, что сингенетические ледяные жилы и мерзлотная текстура, свидетельствующие о сингенетическом промерзании, наблюдались нами лишь в озерно-болотных фациях морской террасы. Это позволяет говорить о лагунно-озерно-болотной фации повторно-жильных льдов в отложениях морской террасы.

Перейдем к описанию этой фации. В основании обнажений с жильными льдами ниже самих жил залегают легкие опесчаненные суглинки серо-сизого цвета. Мощность их достигает 6-7 м. Внизу суглинок имеет параллельнослоистую мерзлотную текстуру. Шлиры льда толщиной 3-4 см чередуются через 5-6 см. По простирацию они слегка изгибаются и меняют толщину. Суглинок между крупными шлирами льда имеет мелкослоистосетчатую текстуру. Суммарная льдистость по визуальным наблюдениям составляет не менее 50-60% от общего объема породы. Столь большая льдонасыщенность свидетельствует о том, что промерзание происходило в сильно водонасыщенных неуплотненных осадках. Процесс промерзания был достаточно медленным, о чем можно судить по значительной толщине прослоев льда.

Вверх по разрезу толщина шлиров несколько уменьшается и в суглинке на уровне жил лишь отдельные из них достигают толщины 1-2 см. Около нижних концов жил слой льда и льдонасыщенные прослойки вмещающей породы деформированы, смяты в небольшие складки. Близ контакта с жилами в суглинке наблюдаются наклонные и вертикальные ледяные шлиры, секущие субгоризонтальные прослойки. Образуется крупнослоистосетчатая мерзлотная текстура. К центру блоков изогнутость горизонтальных прослоев и пересечение их вертикальными шлирами исчезает, и мерзлотная текстура здесь в принципе не отличается от текстуры подстилающих суглинков.

Очевидно, при накоплении только что описанных отложений увеличилась скорость процесса промерзания - толщина ледяных прослоев уменьшилась, хотя общая льдонасыщенность мало изменилась. Отмеченные деформации прослоев льда и образование вертикальных трещин со льдом развивались позднее в связи с морозобойным трещинообразованием в мерзлых породах с параллельнослоистой мерзлотной текстурой.

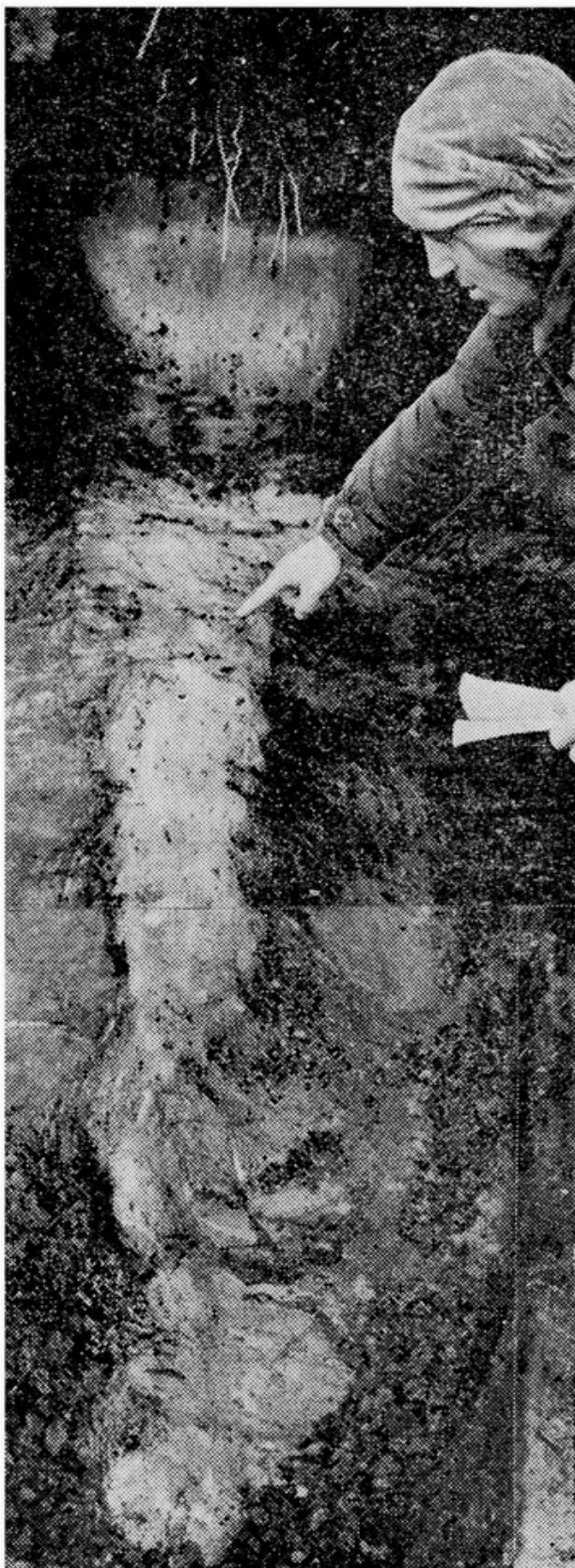


Рис. 2. Сингенетическая ледяная жила нижнего яруса. Фото Б. П. Любимова

Выше по разрезу оторфованность суглинка постепенно увеличивается. Ледяные прослои образуют параллельно-вогнутослоистую текстуру. Ледяные шлиры и льдистые прослойки породы не деформируются на контакте с жилой. Сегрегационный лед шлиров как бы сливается с жильным без видимых нарушений структуры. Чаще всего прослойки плавно отгибаются вверх, иногда не меняют своего горизонтального простирания, а в некоторых случаях наблюдается их отгибание вниз. В верхней части одного блока слои образуют синклиналь, а ниже они располагаются антиклинально. Изгибание слоев вмещающей породы не всегда симметрично по бокам жилы. Например, с левой стороны одной из жил ледяные прослои в суглинке прислонены под углом 45° , в то время, как справа на том же уровне они располагаются почти горизонтально. Подобная текстура, на наш взгляд, со всей убедительностью доказывает сингенетическое промерзание накапливающихся отложений.

Вышеописанные породы перекрываются с резким контактом слоем торфа мощностью 1,5-2 м. Подошва торфяного горизонта неровная: она поднимается близ жил и прогибается к центру блоков. Торф среднеразложившийся, разнотравно-моховой, с множеством включений корней, сучьев, обломков стволов и коры деревьев различной сохранности. Льдистость торфа очень высокая. Часто мощные (до 20 см) шлиры льда располагаются непосредственно по контакту торфа и суглинка. Они хорошо выдержаны по простиранию и иногда прослеживаются через весь блок между двумя соседними жилами. Выше контакта в торфе наблюдаются линзы и прослои льда толщиной до 10-15 см. Распределены они весьма хаотично. Лед в шлирах имеет

крупнокристаллическую текстуру. Во льду располагается большое количество пузырьков воздуха, размеры которых достигают 6-7 мм по длинной оси. Примечательна форма пузырьков. Они ориентированы в горизонтальной плоскости и имеют 2-3 ответвления вверх. Лед в торфе занимает не менее 40% объема.

Жильные льды в описанных отложениях делятся на молодые жилы верхнего яруса и захороненные жилы нижнего яруса (рис. 2). Нижние жилы располагаются в суглинке. Иногда их верхний контакт совпадает с контактом торфа и суглинка, в других случаях жилы секут контакт, и жила заходит в торф своим верхним концом на 30-40 см. Высота жил достигает 1,5-2 м. Ширина их в верхней части 50-60 см, к нижнему концу уменьшается до 5-10 см. Поперечное сечение жил имеет форму клина. Однако в естественном обнажении оно редко наблюдается, так как плоскость обнажения часто пересекает жилу не перпендикулярно ее простиранию, а под некоторым углом. Кроме того, плоскость обнажения не вертикальна, а наклонна. Поэтому в обнажении обычно наблюдается изгибание жил. Степень изгибания зависит от величины угла, под которым жила пересекается плоскостью обнажения. Нижние концы жил ветвятся на отдельные элементарные жилки толщиной около 1 см. Иногда захороненные жилы рассекаются нижними концами молодых, расположенных в торфе жил либо по боковому контакту захороненных жил вмещающими породами, либо по их центру. Формируются двухъярусные жилы, свидетельствующие о смене условий осадконакопления.

Жильный лед имеет вертикальнослоистую структуру, заметную благодаря присутствию большого количества вертикально ориентированных пузырьков газа. На срезе льда в плоскости простирания жилы включения пузырьков более часты, чем на поперечном срезе. Следовательно, пузырьки газа образуют вертикальные слои в плоскости простирания жил. Размеры пузырьков колеблются от 5,0 мм x 0,5 мм до 15,0 мм x 1,0 мм. Около боковых контактов лед жил имеет меньшее количество пузырьков газа. Последние более крупны и изометричны. Характер включений частиц грунта во льду жил нижнего яруса меняется по глубине и зависит от характера вмещающей породы на разных уровнях. Нижние части жил, расположенные в суглинке, имеют лед с включением мельчайших минеральных частиц, придающих льду желтоватый цвет. В верхней части жил, где вмещающей породой служит торф, наблюдаются включения органического материала. Данные химического анализа свидетельствуют о некотором изменении химического состава льда по глубине.









Все это свидетельствует о сингенетическом росте жил нижнего яруса. Включения во льду жил верхнего яруса не меняются по глубине. Они везде представлены торфяными частицами, что говорит об эпигенетическом развитии жил.

В одном случае удалось наблюдать пересечение двух жил нижнего яруса. Хорошо заметно, что одна жила сечется другой без видимых нарушений структуры льда и без деформаций вмещающих отложений. Крестообразное пересечение жил обусловлено наклонным положением плоскости, секущей углы полигона таким образом, что между жилами выше их пересечения заключена верхняя часть угла одного блока, а под пересечением выходит в обнажении нижняя часть другого блока, смежного с первым.

Сопоставление приведенных данных о литологии вмещающих пород, характеризующих условия осадконакопления, и о мерзлотных текстурах отложений, характеризующих условия промерзания, а также наблюдения над современным ландшафтом морской осушки позволяют выяснить развитие фации полигонально-жильных льдов в процессе формирования морской террасы.

Осушающееся морское дно имело неровный рельеф. В то время, как более возвышенные участки осушились и промерзли, понижения оставались занятыми водой. В условиях мелководья в периоды отливов и приливов происходили значительные изменения площади осушившейся поверхности.

Таблица

Литологическая колонка	Мерзлотная текстура	Наименование текстуры	Процесс промерзания	Условия осадконакопления
		Крупнолинзовиднослоистая с эпигенетическими жилами	интенсивное промерзание болота (эпигенез)	осушение болота
		Вогнутопараллельнослоистая с сингенетическими жилами	промерзание с боков снизу; промерзание сверху; стабилизация уровня мерзлоты; частичное оттаивание	болото
		Деформированнопараллельнослоистая	промерзание с боков и снизу (сингенез)	заболочивание
		Параллельнотолстослоистая	подозерный таллик	обмеление озера



Принципиальная схема развития фации полигонально-жильных льдов:
 1 — озерные суглинки; 2 — оторфованные суглинки;
 3 — торф; 4 — мерзлотная текстура; 5 — ледяные жилы

Поэтому промерзание охватило также часть территории, на которой продолжался процесс седиментации, что привело к формированию сингенетических мерзлых пород. По мере развития регрессии увеличивалась площадь суши. Однако осушающееся пространство было сильно обводнено. В результате морской аккумуляции в прибрежной полосе формировались косы, пересыпи, прибрежные валы и тому подобные формы, которые отделяли от моря лагуны и прибрежные озера. Последние в процессе подъема суши все более теряли связь с морем и обособлялись в отдельные бассейны. Вначале связь с морем осуществлялась проливами, а затем системой ручьев, соединявших озера с протоками транзитных рек, впадающих в море. Но до тех пор, пока озера окончательно не потеряли связь с морем, в периоды приливов и отливов вследствие общей низменности территории они испытывали значительные разливы и спады. Участки, периодически затопляемые и осушающиеся, подвергались промерзанию, и здесь накапливались сингенетические мерзлые толщи. Дальнейший подъем поверхности способствовал развитию эрозионной деятельности и частичному спуску озер. Происходило уменьшение размеров подозерных таликов за счет промерзания с боков. На некотором этапе обмеления озер мерзлота смыкалась под днищами, и в дальнейшем такая чаша промерзала не только с боков, но и снизу.

Этому этапу развития фации полигонально-жильных льдов в описанном обнажении соответствует толща серо-сизых озерных суглинков с параллельнотолстослоистой мерзлотной текстурой, свидетельствующей о сингенетическом промерзании. Перекрывающие их оторфованные суглинки соответствуют этапу зарастания озер. В этот период формировались сингенетические ледяные жилы нижнего яруса. Заложившиеся морозобойные трещины расщелили уже мерзлые породы, и поэтому близ нижних концов жил наблюдается деформация ледяных прослоев во вмещающих отложениях. В дальнейшем рост ледяных жил, накопление и промерзание вмещающей породы происходило сингенетично, и ледяные прослойки отгибались на контакте плавно, без деформаций. Развитие сингенетических жильных льдов объясняется, как известно, тем, что в зимний период промерзание достигает поверхности многолетней мерзлоты, а летом промерзший слой с сетью заложившихся морозобойных трещин со льдом не оттаивает полностью. В наших условиях подобный процесс мог иметь место лишь при достаточной мелководности озер.

Интенсивное сингенетическое промерзание обусловило быстрое осушение озер, доказательством чего служит незначительная мощность оторфованного слоя. Необходимо отметить, что роль ледяных образований в процессе осушения чрезвычайно велика. Если бы не было промерзания с обильным льдовыделением, то для заполнения озера отложениями понадобилось бы накопление дополнительной толщи органо-минеральных осадков, равной по объему льду в породе.

На месте заросшего озера образовалось болото с накапливающимся торфом. При этом сингенетическое промерзание в силу определенных причин прекратилось, поверхность мерзлоты стабилизировалась, рост жил нижнего яруса прекратился. Промерзание слоя торфа с образованием эпигенетических жил верхнего яруса произошло после окончания седиментации и поэтому является эпигенетическим.

Описанный процесс развития фации полигонально-жильных льдов в отложениях морской террасы представлен в таблице.

Таким образом, мерзлотно-фациальный анализ отложений, позволяющий выяснить условия промерзания, а следовательно, и условия времени промерзания существенно дополняет другие геолого-геоморфологические методы исследования и помогает делать весьма детальные палеогеографические построения.

ЛИТЕРАТУРА

Втюрин Б.И., Гасанов Ш.Ш. Мерзлотно-фациальный метод и его значение. «Тр. Ин-та мерзлотовед. им. В.А. Обручева», т. XVIII. Изд-во АН СССР, М., 1962.

Катасонов Е.М. Криогенные текстуры, ледяные и земляные жилы как генетические признаки многолетнемерзлых четвертичных отложений. В кн.: «Вопр. криологии при изучении четвертичных отложений». Изд-во АН СССР, М., 1962.

Иванова Т.Ф. Жильные льды в Большеземельской тундре. «Тр. северного отд. Ин-та мерзлотовед. им. В.А. Обручева», вып. I. Изд-во АН СССР, М., 1960.

Уваркин Ю.Т. Термокарст и его значение при промышленном освоении Печорского угольного бассейна. «Тр. северного отд. Ин-та мерзлотовед. им. В.А. Обручева», вып. I. Изд-во АН СССР, М., 1958.

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

Попов А.И. [Полярный покровный комплекс](#). В сб.: «Вопр. физической географии полярных стран», вып. I. Изд-во МГУ, 1958.

Попов А.И. Происхождение ледяных образований в грунтах и некоторые закономерности формирования мерзлых толщ. «Мат-лы по общему мерзлотовед. VII межведомствен. совещ. по мерзлотовед.». Изд-во АН СССР, М., 1959.

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

Розен М.Ф. Наблюдения над распространением вечной мерзлоты в дельте р. Печоры. «Тр. комитета по изуч. вечн. мерзлоты», т. 4. Изд-во АН СССР, М., 1935.

Ссылка на статью:



***Соломатин В.И.* Сингенетическое и эпигенетическое промерзание морских отложений на побережье Печорского моря // Подземный лед. Выпуск I. М.: Изд-во МГУ. 1965. С. 183-192.**