

# Доказательства погребенного глетчерного происхождения пластовых льдов

В.И. Соломатин, Н.Г. Белова

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

## Реферат

В статье рассматривается проблема генезиса пластовых льдов. Предложено новое определение пластовых льдов, согласно которому к ним относятся крупные залежи подземного льда, имеющие многометровую мощность, десятки и сотни метров по простиранию, характеризующиеся несогласным верхним контактом, включениями обломочного материала вплоть до крупных валунов, широким диапазоном текстурно-структурных характеристик разного масштаба, включая динамометаморфические структуры, и ультрапресным химическим составом. Неоспоримым доказательством погребенного происхождения пластового льда является несогласный верхний контакт с перекрывающими отложениями. Приводится ряд других генетических черт строения пластовых льдов, доказывающих их погребенную глетчерную природу.

**Ключевые Слова:** Гляциодеформации; несогласный контакт; пластовые льды; погребённый глетчерный лёд.

## Введение

В настоящее время практически все специалисты признают существование погребенных в толще многолетнемерзлых пород остатков древних глетчерных льдов. Вопрос теперь сводится к умению доказательно отличать указанные выше образования от других генетических типов подземного льда и, прежде всего, от льдов различного внутригрунтового происхождения. Вместе с тем, как показывает даже беглый анализ литературы, природа пластовых льдов остается остро дискуссионной, поскольку от решения этой проблемы зависит понимание многих теоретических и прикладных вопросов криолитологии и палеогеографии. Традиционно в мерзловедении и криолитологии преобладают приверженцы концепций маринизма, которые, естественно, не отказываются от попыток найти доказательства внутригрунтового происхождения мощных пластовых залежей подземного льда [Втюрин 1975; Дубиков 2002; Баду 2010; Васильчук и др. 2009; Слагода, Мельников, Опокина 2010 и др.]. Ранее [Ершов 1982; Пармузина 1978; Соломатин 1986, 1993 и др.] было показано, что сегрегационное льдообразование происходит не в моноплоскости (на фронте) кристаллизации, а в слое породы некоторой толщины с граничными значениями температуры  $0^{\circ}\text{C} - \Delta T_{\text{кр}}$ , где  $\Delta T_{\text{кр}}$  – температура переохлаждения грунта, необходимого для начала кристаллизации связанной грунтовой влаги. Следовательно, исходя из физической сути процесса, сегрегационный механизм способен приводить к формированию шлировой криогенной текстуры, но не к росту единого сколько-нибудь мощного прослоя льда. Мы показали также [1986, 2008 и др.], что нет убедительных доказательств возможности пластовой интрузии напорной воды в толщу монолитной мерзлой породы, особенно если учесть, что мощность пластового льда превышает десятки метров, а по простиранию пласты зачастую превышают многие сотни метров. Поэтому нам представляется, что сторонникам внутригрунтового роста пластового льда необходим поиск физических, криолитологических, структурных, петрографических и иных доказательств сегрегационного, или инъекционного механизма подземного льдообразования. Новейшие разработки А.К. Васильчук и

Ю.К. Васильчук [2010] спорово-пыльцевого метода аргументации «не глетчерной» природы пластов потребуют, очевидно, время для анализа, накопления фактических подтверждений и апробации метода. Необходимо объяснить, каким образом пыльца и споры попадают в пласт. Сегрегационный механизм вообще несовместим с наличием во льду каких либо инородных для данного грунта частиц. Напротив, инъекционный лед способен включать абсолютно любые привнесенные (химические или биогенные) элементы, присущие водно-грунтовой среде льдообразования. Более того, для периферии современных областей наземного оледенения возможен довольно широкий спектр ландшафтной обстановки: от арктических тундр до тропических лесов и саванной растительности как источника спор и пыльцы для ледниковой толщ. Поэтому необходимы серьезные доказательства возможностей спорово-пыльцевого метода для генетической идентификации пластового льда.

Прежде всего, следует подчеркнуть, что термин пластовые льды, имевший изначально сугубо морфологическое значение (вследствие того, что Г.И. Дубиков и М.М. Корейша, впервые описавшие пластовые льды как самостоятельный тип подземного льда в 1964 году, не смогли сразу определить механизм их формирования) уже давно воспринимается как имеющий генетическое содержание. Возможно, путаница в понимании механизмов формирования пластовых залежей льда в какой-то мере связана с отсутствием четких терминологических определений, в результате чего к пластовым льдам могут причислять, действительно, самые разные генетические виды, и на этом основании считать пластовые залежи полигенетическими. Но какой смысл льды, имеющие разное происхождение, объединять под одним названием? С другой стороны, очевидно и то, что морфологически идентичные льды не могут иметь разный генезис.

Если говорить о типичных разрезах пластового льда, обладающего всеми присущими ему характерными структурными признаками, то следует признать, что пластовый лед – единый морфогенетический тип, занимающий свое место в классификационной системе подземных льдов, а представления о полигенетичности

пластов не имеют под собой почвы и свидетельствовали бы о непонимании природы рассматриваемых образований. Или в каждом случае, придавая отдельным видам льда разное происхождение, необходимы соответствующие доказательства того или иного механизма образования льда на основании соответствующих аргументов, структурногенетических и других характеристик.

Существенным шагом в решении рассматриваемой проблемы могло бы стать умение различать внутригрунтовые и захороненные первичноповерхностные виды подземного льда. Среди последних, конечно, могут встречаться и погребенные морские, речные, озерные льды и снежники. Следует отметить, что в погребенное состояние могут переходить остатки периферийных частей ледников, где активно происходит формирование конечных, абляционных, других типов морен и флювиогляциальных образований. Для этой перигляциальной зоны характерна высокая степень обводненности поверхности и накапливающихся отложений. Их промерзание приводит не только к консервации остатков глетчеров, но и к формированию в парагенезе с ними различного рода внутригрунтовых конжеляционных льдов. Следовательно, само по себе наличие последних не противоречит погребенной глетчерной природе пластовых льдов. Но их не следует объединять в один генетический тип. В каждом случае должны быть критерии генетической принадлежности каждого из наблюдаемых видов льда. Например, морские льды легко отличить по повышенной солености, речные – по характерным структурам ортотропного роста [Соломатин 1986] и т.д.

### Закономерности строения и залегания пластовых льдов

#### Определение пластовых льдов

Под пластовыми льдами мы предлагаем понимать крупные залежи подземного льда, имеющие многометровую мощность, десятки и сотни метров по простиранию, характеризующиеся несогласным верхним контактом, часто обильными включениями обломочного материала, вплоть до крупных валунов, широким диапазоном текстурно-структурных характеристик разного масштаба, включая динамометаморфические структуры, ультрапресным химическим составом и низким содержанием тяжелых изотопов кислорода.

Все образования подземного льда, не имеющие набора перечисленных признаков, отчетливых характеристик строения и условий залегания, в том числе вследствие плохой обнаженности и затушеванности разреза осыпями, не следует относить к пластовому типу подземного льда.

#### Несогласный контакт пластовых льдов с перекрывающими отложениями

Несогласный контакт пластов (рис.1, 2, 5) с перекрывающими отложениями подчеркивается срезанием структур льда (складок, слоистости, текстурных и

структурных неоднородностей), наличием деформаций во льду и ненарушенным залеганием перекрывающих рыхлых напластований с изначальными текстурами осадкообразования. Подобный характер несогласного контакта (контакта с размывом) и ненарушенное после осадконакопления залегание и строение перекрывающих отложений, при том, что непосредственно подстилающий их лед пласта несет следы динамометаморфизма, структуры макро – и микродеформаций – может возникнуть лишь при условии, что вначале образовался пластовый лед, он испытал деформации и приобрел присущие ему особенности строения, а затем пласт был перекрыт (вероятно, с частичным протаиванием) осадками того или иного происхождения и законсервирован в мерзлой толще.



Рис. 1. Несогласный контакт пластового льда с перекрывающими отложениями. Гыданский п-ов. В пластовом льде видны яркие следы мощных деформаций, а перекрывающие отложения имеют ненарушенное с момента осадконакопления залегание

Таким образом, несогласный контакт является неоспоримым доказательством погребенного происхождения пластового льда.

#### Обсуждение

Другими генетическими чертами строения пластовых льдов и доказательствами их погребенного глетчерного происхождения являются:

1) В пластах наблюдаются деформации (рис.1, 2, 4, 5) самого разнообразного вида и масштаба (складчатые, сдвиговые, послойнопластические, сбросовые, пloyчатые и др.). Они меняются по разрезу и по простиранию пласта. Эти следствия динамометаморфизма льда абсолютно не сопоставимы с любыми мерзлотными процессами. И совершенно идентичны гляциодислокациям в глетчерном льду. На этом основании неизбежен вывод о ледниковом происхождении льда.



Рис. 2. Толща дислоцированного, но не имеющего отражения в рельефе глетчерного льда, перекрытого маломощной пачкой не деформированных отложений. Северо-западное побережье острова Новая Сибирь, Новосибирские острова. Фото В.Е. Тумского

2) В пластовом льде встречены все виды обломочного материала и валуны более метра в поперечнике (рис.4). Наличие во льду крупнообломочного материала несопоставимо с любым типом внутригрунтового льдообразования и вполне логично для глетчерного льда.

формирования изотопно-кислородного состава [Соломатин 1976, 1986, 2005, Belova et al. 2008].



Рис. 3. Складка, осложненная сдвигом, в пластовом льде на западном берегу Байдарацкой губы

3) Пластовый лед имеет (практически в 100% случаев) ультрапресный химический состав [Соломатин 1976, 1986, Belova et al. 2008], категорически отличающийся от химического состава сегрегационного льда и водной вытяжки вмещающих отложений. Это обстоятельство несопоставимо с внутригрунтовым происхождением пластов и вполне логично для глетчерного льда.

4) Химический и изотопный состав льда не имеют направленных изменений по разрезу пласта, но испытывают определенные вариации по глубине разреза, вероятно, отражающие изменения условий льдообразования и

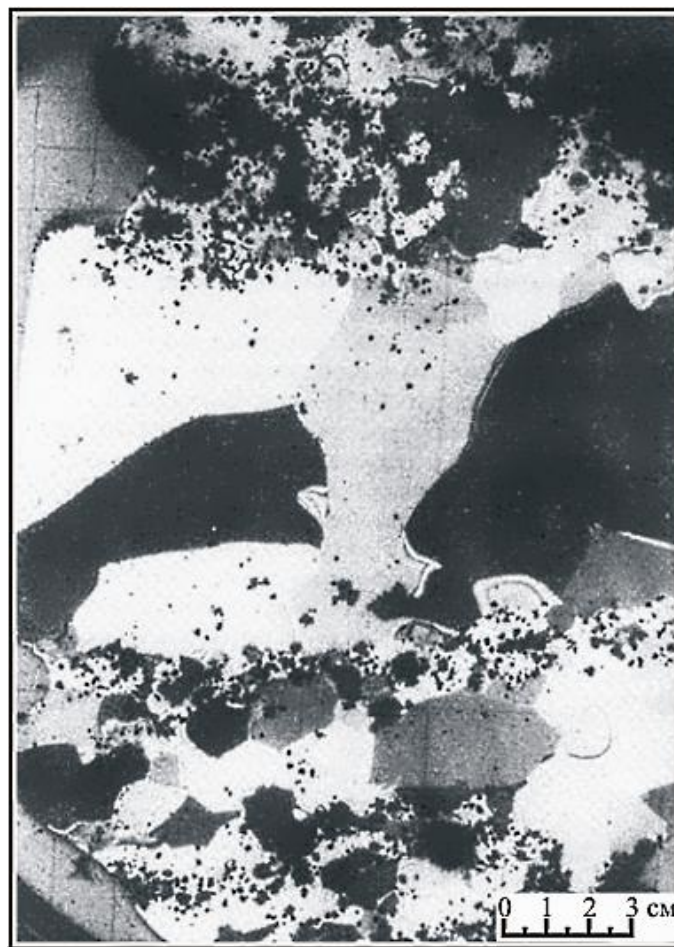


Рис. 4. Сланцеватость, подчеркнутая грунтовыми включениями – следствие послойно-пластических деформаций льда

Это противоречит кристаллизации внутригрунтовой воды в объеме, а также сегрегационному льдообразованию связанной воды, так как в том и другом случае неизбежно фракционирование состава, направленное обогащение содержания химических элементов и тяжелых изотопов с глубиной.



Рис. 5. Валун в пластовом (глетчерном) льде. Обнажение «Ледяная гора» на Енисее, широта полярного круга.  
Фото Е.Г. Карпова

5) Во многих случаях пласты, имеющие все типичные особенности строения этого льда, залегают в песчаной толще, что не отвечает условиям развития сегрегационных

процессов, даже минимальных масштабов, но уж тем более масштабов пластовых массивов льда [Соломатин 1986].

6) Статистически большинство пластов залегают на контакте перекрывающих тонкодисперсных и подстилающих грубодисперсных отложений. Это противоречит механизму инъекционных процессов льдообразования, так как для создания гидростатического и динамического напряжения в водоносном песчаном горизонте необходимо хотя бы частичное его промерзание и сужение, таким образом, площади сечения внутригрунтового потока. Это значит, что инъекционный лед должен располагаться не на контакте водоносного пласта, а на некотором расстоянии ниже от него [Соломатин 1986].

7) Во многих случаях мощные пласты льда перекрыты лишь достаточно тонким слоем мерзлой породы (рис.2, 5). Абсолютно не объяснимо, почему вместо внедрения напорной воды по инъекционному типу и деформирования перекрывающей породы с образованием локальной линзы льда и инъекционного бугра пучения, мог бы произойти разрыв мерзлой породы по напластованию на значительное расстояние (до 1 километра?) с поднятием слоя породы без всяких нарушений на высоту до нескольких десятков метров (?). Подобная версия противоречит всем понятиям физики и механики мерзлых пород. Да и сама возможность расклинивания напорной водой низкотемпературной мерзлой породы выглядит неубедительно.



Рис. 6. Пластовые льды с мощными дислокациями, вскрывающиеся непосредственно под сезонно-талым слоем и не выраженные в рельефе. Западное побережье Байдарацкой губы. Фото Романенко Ф.А.

8) Наконец, внутригрунтовому происхождению пластового льда противоречит отсутствие соответствующих

форм пучения в рельефе (рис.2, 5). Геоморфологически участки распространения пластовых льдов, как правило,



неотличимы от смежных территорий. Наблюдаемый в некоторых случаях распространения пластовых льдов холмисто-грядовый рельеф совершенно не соответствует мощному внутригрунтовому льдообразованию. Но имеет сходство с рельефом полей мертвого льда отступающих ледников [Соломатин 1986].

### Заключение

Следует еще раз подчеркнуть, что при всем разнообразии условий залегания и строения пластовый лед относится к одному морфогенетическому типу: он характеризуется значительными размерами по простиранию, многократно превосходящими вертикальные размеры, несогласным контактом с перекрывающими отложениями, сложным и меняющимся по разрезу и простиранию строением, разнообразными условиями залегания. Считать морфоструктурно единый тип подземного льда полигенетическим, делить его на разные по происхождению образования нет никаких оснований.

Накопленные к настоящему времени материалы, экспериментальные данные и теоретические построения приводят к однозначному выводу, что пластовые льды являются единым и самостоятельным генетическим типом подземных льдов – погребенными остатками глетчеров, возникшими при дегляциации областей древних оледенений.

### Благодарности

Статья подготовлена в рамках ГК П516 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

### Литература

- Бадю Ю.Б. 2010. Криолитология: учебное пособие. М.: КДУ, 528 с. (на русском языке)
- Белова Н.Г., Соломатин В.И., Романенко Ф.А., Олюнина О.С., Огородов С.А. 2007. Новые данные о пластовых льдах восточного берега Югорского полуострова // Материалы международной конференции «Криогенные ресурсы полярных регионов», Том 1: с. 198-200. (на русском языке)
- Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. 2010. Сопоставление палиноспектров пластовых и глетчерных льдов для криогенетической индикации // Криосфера Земли, т. XIV, №3: с.15-28. (на русском языке)
- Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н., Папеш В., Подборный Е.Е., Сулержицкий Л.Д. 2009. Изотопно-кислородная и дейтериевая индикация генезиса пластовых льдов и их <sup>14</sup>C возраст (Бованенково, Центральный Ямал) // Доклады Российской Академии Наук, Том 428, № 5: с. 675-681. (на русском языке)
- Втюрин Б.И. 1975. Подземные льды СССР. М.: Наука, 215 с. (на русском языке)
- Дубиков Г.И. 2002. Состав и криогенное строение мёрзлых толщ Западной Сибири. М.: ГЕОС, 246 с. (на русском языке)
- Ершов Э.Д. 1982. Криолитогенез. М.: Недра, 210 с. (на русском языке)
- Пармузина О.Ю. 1978. Криогенное строение и некоторые особенности льдовыведения в сезонно-талом слое // Проблемы криолитологии, вып. 7: с. 141-164. (на русском языке)
- Слагода Е.А., Мельников В.П., Опокина О.Л. 2010. Повторно-инъекционные штоки льда в отложениях Западного Ямала // Доклады Российской Академии Наук, Том 432, №2: с. 264-266. (на русском языке)
- Соломатин В.И. 1976. Пластовые льды в нижнем течении р. Енисей (на примере разреза Селякино) // Проблемы криолитологии, Вып. V: с. 87-94. (на русском языке)
- Соломатин В.И. 1977. Ископаемые реликты ледникового льда на севере Западной Сибири // МГИ, Вып. 29: с. 233-240. (на русском языке)
- Соломатин В.И. 1986. Петрогенез подземных льдов. М.: Наука, 215 с. (на русском языке)
- Соломатин В.И., Коняхин М.А., Николаев В.И., Михалев Д.В. 1993. Условия залегания и состав пластовых льдов на полуострове Ямал // МГИ, Вып. 77: с. 139-147. (на русском языке)
- Соломатин В.И. 2005. Глетчерный лед в криолитозоне // Криосфера Земли, № 2, т. 9: с. 78-84. (на русском языке)
- Фотиев С.М. 2011. Механизм формирования инъекционных жил льда и гидролакколитов // Криосфера Земли, Том 15, №2: с. 44-55. (на русском языке)
- Astakhov, V.I., Kaplyanskaya, F.A. & Tarnogradsky, V.D. 1996. Pleistocene Permafrost of West Siberia as a Deformable Glacier Bed. Permafrost and Periglacial Processes, Vol 7: 165-191.
- Belova, N.G., Solomatina, V.I. & Romanenko, F.A. 2008. Massive Ground Ice on the Ural Coast of the Baydaratskaya Bay, Kara Sea, Russia. Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost, Fairbanks, Alaska, US, vol.1, 107-112.
- Fritz, M., Wetterich, S., Meyer, H., Schirrmeister, L., Lantuit, H. & Pollard, W.H. 2011. Origin and Characteristics of Massive Ground Ice on Herschel Island (Western Canadian Arctic) as revealed by Stable Water Isotope and Hydrochemical Signatures. Permafrost and Periglac. Process., 22: 26-38.
- Murton J.B., Whiteman C.A., Waller R.I., Pollard W.H., Clark I.D., Dallimore S.R. 2005. Basal ice facies and supraglacial melt-out till of the Laurentide Ice Sheet, Tuktoyaktuk Coastlands, western Arctic Canada. Quaternary Science Reviews 24: 681-708.
- Waller R.I., Murton J.B. & Knight P.G. 2009. Basal glacier ice and massive ground ice: different scientists, same science? // In: Knight, J. & Harrison, S. (eds) Periglacial and Paraglacial Processes and Environments. The Geological Society, London, Special Publications, 320: 57-69.