

# Классификация пластовых ледяных залежей

Ю.К.Васильчук

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

## Реферат

Предложена новая классификация пластовых ледяных залежей. В систематику пластовых залежей введены две новых категории: гомогенные и гетерогенные пластовые залежи. К гомогенным пластовым ледяным залежам отнесены те, генезис, состав и свойства которых сходны во всех изученных частях комплекса. К гетерогенным пластовым ледяным залежам отнесены те, генезис, состав и свойства которых меняются по разрезу и которые состоят из двух и более гомогенных залежей или сочетаний гомогенных ледяных залежей.

**Ключевые Слова:** Автохтонные; аллохтонные; гетерогенные; гомогенные; пластовые льды

## Введение

Обычно при исследовании пластовых ледяных залежей определяется главный фактор их формирования и в соответствии с ним пластовые льды принято определять как сегрегационные, инъекционные, повторно-инъекционные, погребённые ледниковые и т.п. [Гасанов, 1969; Втюрин, 1975; Mackay 1972, 1973; Pollard & Dallimore 1988; Rampton 1988; Zhestkova & Shur 1978].

Б.И.Втюрин [1975] отдаёт предпочтение сегрегационному типу льдообразования: “Сегрегационный тип залежей формируется в результате локального, более интенсивного развития сегрегационного льдообразования... Мощность залежей определяется запасами влаги в грунте и соотношением интенсивности промерзания и скорости подтока влаги. Если первая часто превышает вторую, образуется серия маломощных пластов (с увеличением мощности по мере увеличения глубины залегания вследствие выравнивания условий). Если возможная скорость подтока влаги больше интенсивности промерзания пород, мощность пластовых залежей определяется запасами влаги в грунте и временем льдообразования. Наиболее благоприятные условия для образования крупных пластовых залежей сегрегационного льда – близ контакта глинистых пород с водоносными крупнозернистыми отложениями в подошве, содержащими большие запасы свободной воды, способной трансформироваться в слабо связанную” [Втюрин 1975].

Г.Хольмсен [Holmsen 1914] выдвинул инфильтрационно-сегрегационную гипотезу генезиса пластовых залежей льда, полагая, что формирование мощных (до 15 м) пластовых залежей подземного льда связано с инфильтрацией поверхностных вод через сезонноталый грунт и с намерзанием их сверху.

Ш.Ш.Гасанов [1969, с. 137] считал основным фактором льдообразования инъекцию воды и в генетическую классификацию инъекционных льдов он внёс: сезонный инъекционный лед, многосезонный инъекционный лед (перелеток), собственно инъекционный лед, повторно-инъекционный лед и гидролакколиты.

Дж.Р.Маккай [Mackay, 1972, 1973] предположил, что механизм инъекции и сегрегации воды в закрытых

условиях, который широко применяются для объяснения роста пинго, может быть применим и к механизму формирования пластового льда.

Г.И.Дубиков подразделил пласты льда на три основных генетических типа: инъекционные, сегрегационные и инъекционно-сегрегационные. По характеру залегания Г.И.Дубиков [Dubikov 2002, с. 220] выделил: залежи с согласным по отношению к вмещающим породам залеганием (второй и редко - первый типы) и залежи с несогласным по отношению к вмещающим породам залеганием (первый и третий типы). По составу он различает: залежи массивного льда, пузырчатого или стекловатого (первый, редко - второй типы); залежи однородного ледогрунта (второй, редко - первый типы); залежи, состоящие из массивного льда и льда, содержащего примесь грунта (второй и третий типы) и залежи, состоящие из массивного льда, льда с примесью грунта и ледогрунта (второй и третий типы). По строению пластовые залежи льда по Г.И.Дубикову делятся на: простые (первый, редко - второй типы) и сложные (третий, второй типы).

## Новая систематика пластовых залежей

В условиях промерзания и формирования пластовых льдов заложена неоднородность генетической принадлежности как разных частей ледяного пласта, так и сочетания пластов льда в разрезах. Трудно себе представить, например захоронение припайного льда на берегу озера или моря без образования во вмещающих отложениях шлиров и линз сегрегационного льда, а в отдельных случаях и пластов льда сегрегационного типа уже на первой стадии промерзания отложений, вмещающих захороненную залежь, если под залежью залегают водонасыщенные породы, то после того как они начинают промерзать сверху и снизу образуется замкнутый талик, дальнейшее промерзание которого приведёт к интрузии воды или суспензии вверх или в стороны с образованием инъекционного льда.

Мы предлагаем в систематику пластовых залежей ввести две новых категории: гомогенные и гетерогенные пластовые залежи (рис.1).

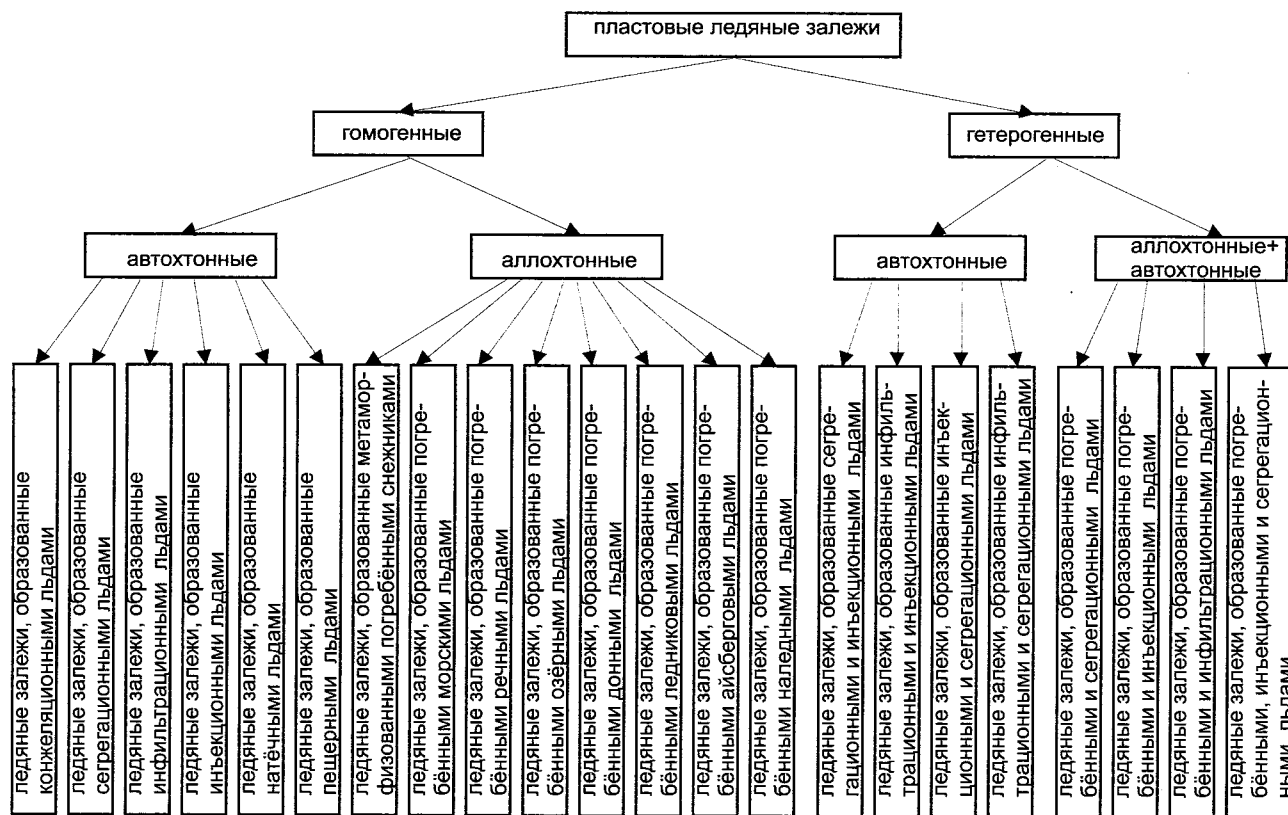


Рис. 1. Классификация пластовых ледяных залежей, с учётом их гомогенной и гетерогенной природы

К гомогенным пластовым ледяным залежам относятся те, генезис, состав и свойства которых сходны во всех изученных частях комплекса.

К гетерогенным пластовым ледяным залежам относятся те, генезис, состав и свойства которых меняются по разрезу и которые состоят из двух и более гомогенных пластовых льдов залежей или сочетаний гомогенных ледяных пластов [Vasil'chuk 2011].

К гетерогенным пластовым ледяным залежам относятся те, генезис, состав и свойства которых меняются по разрезу и которые состоят из двух и более гомогенных пластовых льдов залежей или сочетаний гомогенных ледяных пластов.

#### Гомогенные пластовые ледяные залежи

Гомогенные пластовые ледяные залежи обычно отличаются сравнительно небольшими размерами (не более чем первые метры в высоту и не более 20–30 м в ширину). Чаще всего они встречаются как единичные пласты, реже как совокупность пластов одинакового генезиса.

В обнажении *гомогенного автохтонного комплекса ледяных пластов в разрезе первой террасы р.Гыда*, вскрыты 4 линзы внутригрунтового льда сегрегационного (или инфильтрационно-сегрегационного) генезиса [Vasil'chuk 2011].

В обнажении отмечено четыре яруса линзовидных пластовых льдов вертикальной мощностью до 0,3–0,4 м, длиной 6–8 м. Пласты льда внешне очень сходны, сложены

прозрачным льдом, они, как правило, приурочены к оторфованным сериям. Особенности строения ледяных пластов и их согласное седиментационной слоистости залегание позволяют считать их внутригрунтовыми образованиями, возникшими синхронно накоплению и промерзанию толщи; наиболее вероятен их инфильтрационный или сегрегационный генезис. Широкий диапазон колебаний  $\delta^{18}\text{O}$  в этих пластах (от  $-33,8$  до  $-16,2\%$ ) указывает на промерзание в условиях закрытой системы с незначительным подтоком воды извне. Такой широкий диапазон вариаций содержания тяжёлого кислорода свидетельствует об очень существенном криогенном фракционировании при промерзании вод, средний состав которых был близок к  $-20\%$ . Это могло происходить только в условиях промерзания в закрытой системе, когда вначале формировался изотопически более тяжёлый лёд (имеющий значения  $\delta^{18}\text{O}$  около  $-16$  и  $-18\%$ ), а оставшаяся вода имела значения  $\delta^{18}\text{O}$  около  $-22\%$ . Её частичное промерзание приводило уже образованию льда со значениями  $\delta^{18}\text{O}$  около  $-20\%$ , а оставшаяся вода имела значения  $\delta^{18}\text{O}$  около  $-24$ ,  $-25\%$ . Неоднократное вымораживание этой воды и обеспечило такие экстремально низкие значения  $\delta^{18}\text{O}$  около  $-34\%$  в последних порциях вымороженной воды. Низкие средние значения  $\delta^{18}\text{O}$  в этих пластовых льдах (около  $-20\%$ ), указывают на суровые (суровее современных) условия формирования пластов. Наряду с линзами льда в обнажении отмечены

сингенетические повторно-жильные льды, их общая длина превышает 4,5 м. Время аккумуляции толщи, образования пластов льда и сингенетических жил в ней, судя по радиоуглеродным датам не древнее 14–11 тыс. лет назад [Vasil'chuk 1992].

Гомогенными могут естественно быть не только автохтонные, но и аллохтонные пластовые льды в многолетнемёрзлых породах. Сравнительно небольшая *гомогенная ледяная залежь, погребенного (аллохтонного) типа, в среднем течении Танама*, встречена нами в отложениях казанцевской свиты в урочище Оленьи рога. На глубине 16,5 м от поверхности вскрывается пластовое ледяное тело видимой мощностью более 2 м, шириной в основании более 3 м. Текстура пласта сложная, наблюдаются две вертикальные “дайки” (шириной до 3 см), состоящие из светло-серой супеси, пересекающие весь ледяной пласт до сходной с ними по составу подстилающей породы. В верхней части правой “дайки” обнаружен валунчик диаметром более 3 см. Во льду отмечены также горизонтальные “дайки”, сложенные песком. Наличие разнонаправленных слоев грунта во льду может свидетельствовать о возникновении трещин после образования льда, по которым могла происходить интрузия влагонасыщенных пластичных подстилающих грунтов. Возможно, эти трещины возникали в результате движения ледяного пласта по водонасыщенному грунту или в прибрежной зоне моря. На морской генезис вмещающих пласт глины, в частности, указывают найденные в них *“in situ”* крупные раковины мелких форм гастропод и пелиципод. Химический состав пласта сходен с составом современных припайных льдов Карского моря, – величина минерализации в нем достигает 194–390 мг/л, причем преобладают в нем сульфаты (45–178 мг/л) и хлориды (36–51 мг/л), характерные для морских льдов [Васильчук и др. 1986].

Относительно небольшое обнажение *гомогенной залежи автохтонных пластовых льдов* районе пос.Харасавэй изучено автором в 1981 г. на западе Ямала [Васильчук 2006] в толще второй морской террасы. Здесь вскрыто пластовое ледяное тело, вертикальной мощностью более 1,5 м, простиранием по горизонтали – 10–15 м. Особенности состава льда и отложений, а также характер взаимоотношения льда и вмещающих пород привели нас к выводу о внутригрунтовом преимущественно инъекционном происхождении данного ледяного образования. Залежи здесь сравнительно небольшого размера, как по вертикали, так и по горизонтали. Эта особенность вообще присуща гомогенным ледяным залежам, гетерогенные ледяные залежи обычно значительно крупнее.

#### *Гетерогенные пластовые ледяные залежи*

Гетерогенные пластовые ледяные залежи, как правило крупнее, хотя, иногда, они конечно они могут быть и небольшими (ещё чаще в обнажениях вскрываются лишь небольшие фрагменты гетерогенных ледяных залежей).

Относительно небольшой фрагмент *гетерогенной пластовой залежи в верхнем течении р.Юрибей* изучен автором в 1977 г. в обнажении казанцевской равнины на Ямале, где вскрыты 2 ледяных пласта, один из которых погребённый, а второй инъекционный [Vasil'chuk 2011].

В этом массиве в верхней части обнажения вскрыты дислоцированные слоистые пески коричневого и охристо-желтые общей мощностью до 10 м. Под ними по крутопадающему (близкому к субвертикальному) контакту располагаются темно-серые тяжелые суглинки мощностью 10–11 м. В верхней части они слегка опесчаненные, имеют массивную криогенную текстуру, которая сменяется в нижней части на слоистую. В этих суглинках залегают два “пласта” льда. Первый из них имеет видимые размеры 2,5x4 м. Он залегают субвертикально, нижний его конец закрыт осыпью. На контакте его с вмещающими суглинками верхнего слоя наблюдается прослой мелкого частослоистого песка темно-серого цвета; мощность прослоя 0,1 м. Слоистость суглинистых пород, непосредственно контактирующих с этим пластом горизонтальная, без следов деформаций и смятия, ориентирована согласно направлению длинной оси пласта. На некотором удалении от него суглинки сильно дислоцированы, смяты в антиклинальную складку. Пласт слоистый, в нём выделяется два вида текстуры льда. Верхняя часть пласта мощностью 2 м состоит из белого льда с большим количеством пузырьков воздуха, нижняя часть — из прозрачного льда. Второй пласт льда вскрывается в 5 м выше по течению (справа от первого) и на 0,6–0,8 м ниже первого. По форме в обнажившемся срезе он напоминает перевёрнутую грушу (или гриб). Слои вмещающей породы над ним сильно деформированы, особенно в апикальной части, где наблюдаются разрывные нарушения – это пласт инъекционного генезиса, причем он сформировался несколько позже первого пласта.

В образцах, отобранных из вмещающих отложений и первого из описанных пластов, проанализированы состав фораминифер и спорово-пыльцевых остатков. Первые обнаружены в верхней части суглинистой пачки и в перекрывающих песчаных отложениях. Максимум содержания фораминифер наблюдается в песках. Из этого следует, что темно-серые суглинки откладывались в водных условиях, крайне неблагоприятных для обитания фораминифер (мелкий, холодный, опресненный бассейн). Опреснение могло осуществляться за счет таяния больших масс плавучих льдов, приносимых с севера под действием постоянных северных ветров и подводных течений. Часть этих льдов могла оказаться погребенной в мелководной зоне. В более позднее время условия изменились. Водоем, по-видимому, стал несколько глубже, повысилась его соленость. В этих условиях часть погребённых льдов могла вытаять полностью, а небольшая их часть, сильно подтаяв, все же сохранилась (представителем их является первый из описанных пластов).

Спорово-пыльцевые спектры вмещающих отложений [A.Vasil'chuk, Yu.Vasil'chuk 2010] характеризуются повсеместным преобладанием пыльцы древесных пород в общем составе (от 58 до 82%), среди которых доминирует

пыльца сибирского кедра, березы и ели. Преобладание пыльцы древесных пород в этом случае свидетельствует не о теплом климате, а о формировании спектров в отложениях, накапливавшихся в верхней литорали, вследствие чего в спектрах и наблюдается “переопыление” переотложенной пылью древесных пород.

Но если это пласт осадочного (седиментационного) льда, то почему же он залегает в настоящее время не горизонтально, а субвертикально? Какие силы придали ему это неестественное для седиментационного пласта положение?

Создание такого специфического строения связано с внедрением масс воды и суспензии из нижележащих толщ во время их эпигенетического промерзания в верхнечетвертичное время. Их инъекция, центр которой находился около пластового захороненного льда, обусловила сильный “разворот” пласта и вмещающих его пород и создание сложной складки.

Обнажение гетерогенной пластовой ледяной залежи в верховьях Юрибей, образуемой совместным залеганием в мёрзлой толще погребённого и инъекционного льда можно считать типичным примером парагенетического сочетания аллохтонного погребённого пласта припайного льда и автохтонного инъекционного пластового льда.

**Гетерогенная пластовая ледяная залежь с парагенетическим сочетанием автохтонного сегрегационного ледяного пласта и автохтонного инъекционного пластового льда на левом берегу р.Еркутаяха** исследована автором в июле 2010 г. на Южном Ямале.

В обнажении высотой 18–20 м, сложенном преимущественно слоистыми песками вскрывается лёд двух типов: в центральной части – это шток деформированного льда, вертикального направления, а на контакте с ним по обеим сторонам вскрыта дислоцированная слоистая пластовая залежь [Vasil'chuk et al. 2011], слоистость параллельна наклону поверхности ледяной залежи. С востока на запад слоистый лёд общей протяженностью более 100 м крутонаклонно падает и уже через 15 м кровля этой ледяной залежи оказывается на глубине более 8 м.

Вариации стабильных изотопов кислорода и дейтерия в залежи существенны: значения  $\delta^{18}\text{O}$  варьируют от  $-20,2\text{‰}$  до  $-24,4\text{‰}$ , а  $\delta\text{D}$  от  $-142,6\text{‰}$  до  $-170,1\text{‰}$ , при этом в центральном ледяном штоке он, как правило, изотопически более тяжёлый, а по периферии – в слоистом льду присутствует заметно более лёгкий лёд – здесь  $\delta^{18}\text{O}$  может быть легче на 3–4‰, а  $\delta\text{D}$  – на 25–30‰, что вполне объяснимо криогенным фракционированием при промерзании вначале незамкнутого, а затем и замкнутого талика.

Исследование спорово-пыльцевых остатков во льду позволило более определённо ответить на вопрос о генетической принадлежности изученной залежи.

Палиноспектры, изученные во льду Еркутаяхинской ледяной залежи свидетельствуют о внутригрунтовом автохтонном происхождении льда. На это указывает типично тундровый характер палиноспектров.

Строение ледяного комплекса на р.Еркутаяха, изотопный состав льда и спорово-пыльцевые спектры льда указывают

на то, что в апикальной части залежи лёд инъекционный, а в дистальных частях по обеим сторонам от центральной инъекции лёд сегрегационный, т.е. ледяная залежь гетерогенная автохтонная, образованная сочетанием сегрегационного и инъекционного пластовых льдов.

**Гетерогенные пластовые льды Бованенковского месторождения на Ямале** – одного из самых богатых разнообразием пластовых ледяных тел в криолитозоне сопоставимыми с ним, могут быть, пожалуй, лишь, дельта р.Маккензи [Fujino et al. 1988; Murton 2005]. Пластовые льды Бованенковского месторождения весьма разнообразны морфологически [Vasil'chuk et al. 2009; Vasil'chuk, 2010]: здесь есть и слоистые, и сильно деформированные пластовые ледяные тела, и пласты сложенные прозрачным хрустальным льдом, и сильно загрязнённые льды. Различен и их генезис – они гетерогенны, причём в профилях более 260 скважин, вскрывших пластовые льды на Бованенковском ГКМ встречены сочетания, как автохтонных льдов разной природы, так и автохтонных льдов с аллохтонными.

В пластовых ледяных залежах Бованенковского месторождения значения  $\delta^{18}\text{O}$  варьируют от  $-12,49$  до  $-23,13\text{‰}$ , а  $\delta\text{D}$  от  $-91,7$  до  $-177,1\text{‰}$ , т.е. изменения  $\delta^{18}\text{O}$  превышают 10‰, а изменения  $\delta\text{D}$  больше 85‰ [Vasil'chuk et al. 2009], это в полной мере отражает многообразие пластовых льдов этого комплекса.

При проведении палинологического анализа ледяных залежей Бованенковского месторождения А.К.Васильчук были обнаружены многочисленные остатки одноклеточных зеленых и диатомовых водорослей [A.Vasil'chuk, Yu.Vasil'chuk 2010]. Это свидетельствует о существовании пресного или распреснённого водоёма, который был источником воды, питавшей пласт – это были либо крупные озера, либо распреснённая губа.

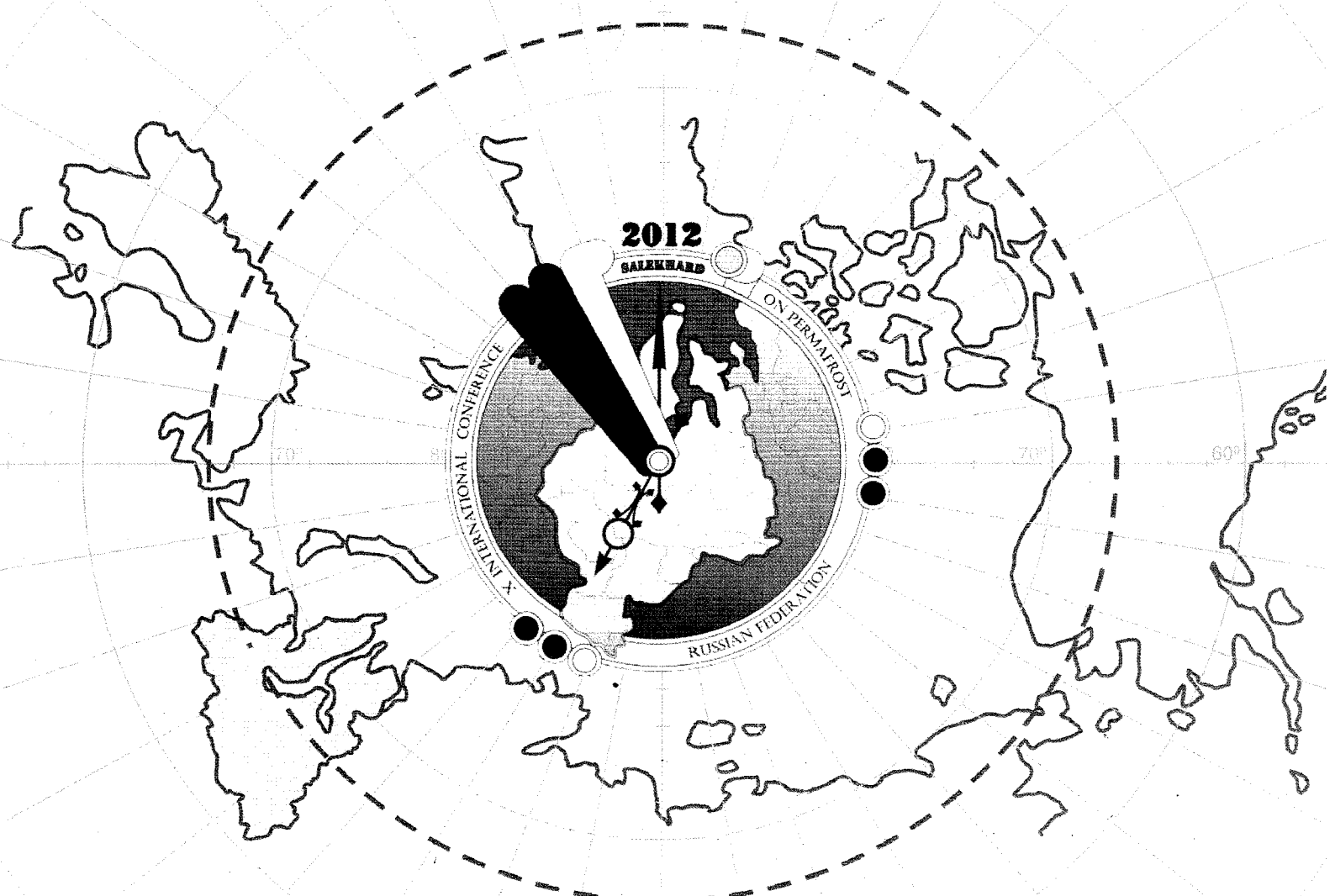
Особо отметим, что на сегодняшний день в равнинных районах криолитозоны России не установлено ни одной ледяной залежи, о которой однозначно можно было бы сказать, что это погребённый глетчерный лёд. Исключением являются горные и предгорные районы с активным оледенением, где погребение мёртвого льда в конечных моренах – явление весьма обычное (к ним можно отнести и предгорья Карякского хребта, где в долине р.Танюер А.Н.Котов [1998] изучил пластовую ледяную залежь возможно погребённого типа, также близ мыса Ныглиган Ш.Ш.Гасанов [1969] описал погребённую ледяную залежь, а С.Ю.Королёв [1993] к погребённым отнёс ледяные залежи в долине Амгуэмы.

Автохтонные и аллохтонные гетерогенные ледяные залежи, как правило, достигают очень больших размеров, как по вертикали, так и по горизонтали. Лёд в них может встречаться самых разных типов от совершенно чистого прозрачного до матового, насыщенного газовыми включениями и сильно загрязнённого – ледогрунта.

## Литература

- Васильчук, Ю.К. 2006. Пластовые ледяные залежи. Криосфера Харасавейского газоконденсатного месторождения. Под ред. Ю.К. Васильчука, Г.В.

- Крылова, Е.Е. Подборного). Тюмень–СПб. Недра: С. 160 – 193 (на русском языке)
- Васильчук, Ю.К., Петров, О.М. & Васильчук, А.К. 1986. Некоторые замечания о стратиграфическом значении залежи пластового льда в казанцевских отложениях центрального Гыдана. Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода, вып. 55. М.: Наука: 111 – 117 (на русском языке).
- Втюрин, Б.И. 1975. Подземные льды СССР. М.: 214 с. (на русском языке).
- Гасанов, Ш.Ш. 1969. Строение и история формирования мёрзлых пород Восточной Чукотки. М.: Наука., 168 с. (на русском языке).
- Королев, С.Ю. 1993. Находка в долине р. Амгуэмы позднеледстоценового глетчерного льда (Северная Чукотка) Доклады Российской Академии Наук. Т. 329, № 2: 195–198 (на русском языке).
- Котов, А.Н. 1998. Криолитогенные гряды в долине р. Танюер (Чукотка). Криосфера Земли. Том 2. № 4: 62–71 (на русском языке).
- Dubikov G.I. 2002. Composition and cryogenic structure of the permafrost strata of Western Siberia. Moscow, Geos Publ. House: 246 p. (in Russian).
- Fujino, K., Sato, S., Matsuda, K. Sasa, G, Shimizu, O. & Kato, K. 1988. Characteristics of the massive ground ice body in the western Canadian Arctic. In Proceedings of the Fifth International Conference on Permafrost. Trondheim. Norway. Tapir Publishers: 143 – 146.
- Holmsen, G. 1914: Spitsbergens jordbunds is og de bidrag dens undersøkelse har kunnet gi til forstaaelsen av de i arktiske land optrædende varige isleier i jorden. (Ground ice in Spitsbergen and contributions toward the understanding of perennial ground ice found in Arctic environments). Det Norske Geografiske Selskabs Årbok, B XXIV, 1912-1913, Kristiania: 1-150.
- Mackay, J.R. 1972. Offshore permafrost and ground ice, southern Beaufort Sea, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences. 9: 1550 – 1561.
- Mackay J.R. 1973. Problems in the origin of massive ice beds, western Arctic Canada. Permafrost, The North American. Contribution to the Second International Conference, Washington D.C.: National Academy of Sciences.. Vol. 1: 223 – 238
- Murton J.B. 2005. Ground-ice stratigraphy and formation at North Head, Tuktoyaktuk Coastlands, western Arctic Canada: a product of glacier-permafrost interactions. Permafrost and Periglacial Processes. Vol. 16, N1: 31 – 50.
- Pollard, W.H. & Dallimore, S.R., 1988. Petrographic characteristics of massive ground ice, Yukon Coastal Plain. Canada. In Proceedings of the Fifth International Conference on Permafrost. Trondheim. Norway. Tapir Publishers: 224 – 228.
- Rampton, V.N. 1988. Origin of massive ground ice on Tuktoyaktuk Peninsula, Northwest Territories, Canada. In Proceedings of the Fifth International Conference on Permafrost. Trondheim. Norway. Tapir Publishers: 850 – 855.
- Vasil'chuk, A.C., Vasil'chuk, Yu.K. 2010. Local pollen spectra as a new criterion for nonglacial origin of massive ice. *Transactions (Doclady) of Russian Academy of Sciences, Earth Sciences*. Vol. 433. Part 1: 985 – 990.
- Vasil'chuk, Yu.K. 1992. Oxygen Isotope composition of ground Ice (Application to paleogeocryological reconstruction). Department of theoretical problems the Russian Academy of Sciences. Moscow State University, PNIIS. In 2 volumes. Vol. 1. – 420 p. Vol. 2 – 264 p. (in Russian).
- Vasil'chuk Yu.K. 2010. Massive ice of Bovanenkovo gas-condensate field (The Central Yamal Peninsula). *Engineering Geology*. N3: 50 – 67 (in Russian).
- Vasil'chuk Yu.K. 2011. Homogeneous and Heterogeneous Massive Ice in Permafrost. *Earth's Cryosphere*, Vol. 15. N 1: 40 – 51 (in Russian).
- Vasil'chuk Yu.K. & Trofimov V.T. 1988. Oxygen isotope variations in ice-wedge and massive ice. In Proceedings of the Fifth International Conference on Permafrost. Trondheim. Norway. Tapir Publishers: 489 – 492.
- Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Budantseva N.A., Chizhova Ju.N., Papesch W., Podborny Ye. Ye. & Sulerzhitsky L.D. 2009. Oxygen Isotope and Deuterium Indication of the Origin and <sup>14</sup>C Age of the Massive Ice, Bovanenkovo, Central Yamal Peninsula. *Transactions (Doclady) of Russian Academy of Sciences, Earth Sciences*. 429: 1326 – 1332.
- Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A., Vasil'chuk A.C. 2011. Variations in δ<sup>18</sup>O, δD, and the concentration of pollen and spores in an autochthonic heterogeneous massive ice on the Erkutayaha River in the southern part of the Yamal Peninsula. *Doklady Earth Sciences*. Vol. 438. Part 1: 721 – 726.
- Zhestkova, T.N. & Shur, Yu.L. 1978. On genesis of tabular massive ice. *The Bulletin of the Moscow State University. Geology Series*. 3: 35 – 42 (in Russian)



## **Труды Десятой Международной конференции по мерзотоведению**

Салехард, Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО), Россия  
25-29 июня 2012 г.

**ДЕСЯТАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО МЕРЗЛОВОВЕДЕНИЮ  
TICOP**



**ТОМ 3  
СТАТЬИ  
НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ**

Под редакцией акад. В.П.Мельникова  
При участии Д.С.Дроздова и В.Е.Романовского

2012 г.