

ТЕМАТИЧЕСКИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ



Подземные льды на островах у берегов Таймыра

Ф.А. Романенко¹, Д.В. Михалёв¹, В.И. Николаев²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

²Институт географии РАН

Статья поступила в редакцию 29 марта 2000 г.
Представлена членом редколлегии М.М. Корейшей

Рассматривается строение и распространение подземных залежей льдов на о-вах Известий ЦИК, Свердруп, Арктического института, архипелаге Норденшельда (Карское море) и о. Преображения (море Лаптевых).

Небольшие арктические острова остаются еще очень слабо изученными. Немногочисленные работы, написанные в основном по результатам непродолжительных (от нескольких дней до нескольких часов) посещений в 30-е годы, содержат их физико-географическое описание и краткую характеристику геологического строения [Аллер и Уль, 1936; Влодавец, 1933; Гаккель, 1934; Ермолаев, 1937; Киреев, 1940; Лаппо, 1932; Люткевич, 1940; Моор, 1939; Сакс, 1945; Сергеев, 1934]. В 50-е годы после Государственной геологической съемки территории СССР появились более детальные данные о строении рельефа и четвертичных отложений некоторых островов [Дибнер, 1957; 1970; Дибнер и Мирошников, 1964; Погребицкий, 1970]. В дальнейшем специализированные геологические и географические исследования проводились в основном на крупных островах и архипелагах (Земле Франца-Иосифа, Новой Земле и Вайгаче, Колгуеве, Северной Земле, Новосибирских островах и о. Врангеля) и лишь иногда - на более мелких (Малый Таймыр, Комсомоль-

ской Правды). Недавно появились новые материалы о флоре и растительности некоторых островов [Куваев и др., 1994; Сафронова и Ходачек, 1989]. Специализированные криолитологические наблюдения на островах почти не проводились, поэтому данные о строении мерзлых толщ, распространении и составе подземных ледяных образований практически отсутствуют.

В 1991-1994 гг. на небольших островах Карского моря и западной части моря Лаптевых работала комплексная Арктическая экспедиция Института проблем экологии и эволюции (ИПЭЭ) РАН под руководством академика РАСХН Е.Е. Сыроечковского, в которой принимал участие один из авторов настоящего сообщения (Ф.А. Романенко). Новые материалы по геоморфологии, строению рыхлых отложений и истории исследования островов, собранные экспедицией, опубликованы в [Арктические тундры..., 1994] и серии статей [Куваев и др., 1997; Романенко, 1996; 1998; Тарасов и др., 1995].

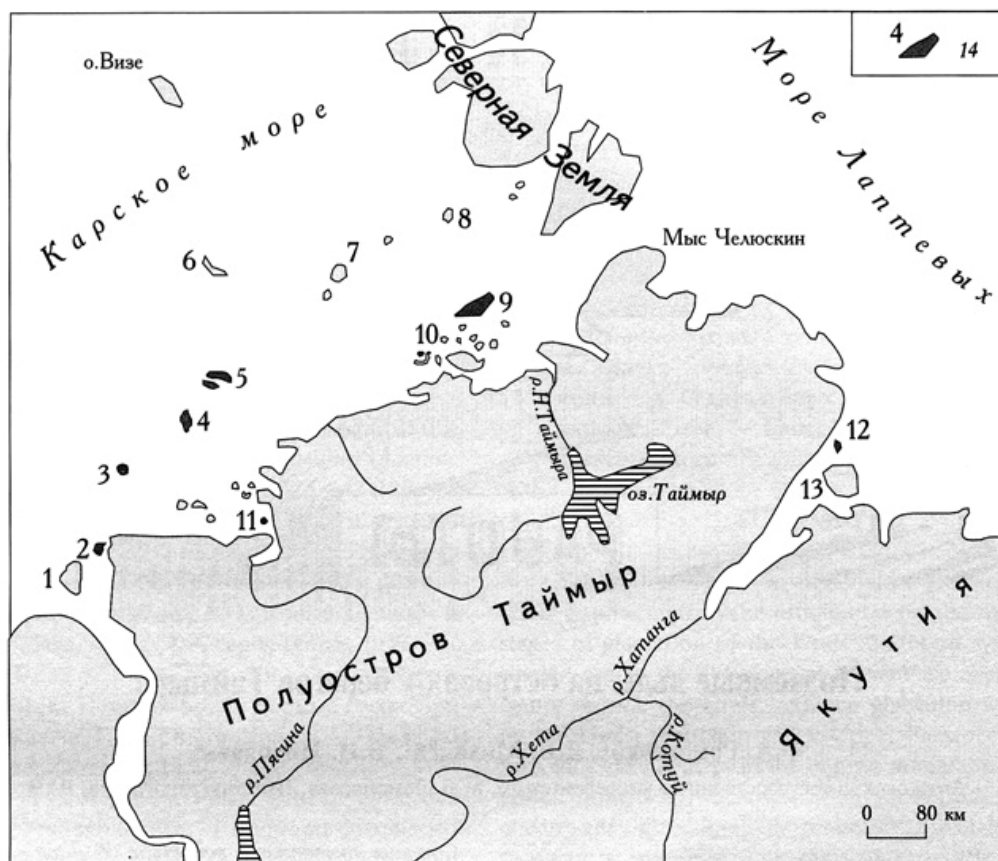


Рис. 1. Острова Карского моря и моря Лаптевых: 1 — Сибирякова, 2 — Диксон, 3 — Свердрупа, 4 — Арктического института, 5 — Известий ЦИК, 6 — Уединения, 7 — Сергея Кирова, 8 — Воронина, 9 — Русский, 10 — Правды, 11 — Фарватерный, 12 — Преображения, 13 — Большой Бегичев; 14 — острова, на которых проводились работы
 Fig. 1. Islands of the Kara and Laptev Seas

В настоящем сообщении приводятся новые материалы о строении и распространении подземных залежей льдов на о-вах Известий ЦИК, Свердрупа, архипелага Норденшельда (Карское море) и о. Преображения (море Лаптевых), где были выполнены полевые работы, а также собраны литературные и фондовые данные о подземном оледенении других островов (рис. 1). Несмотря на очевидную неполноту, эти материалы позволяют расширить наши представления о формировании подземного оледенения на небольших участках суши, окруженных большую часть года полярными льдами.

Условия формирования и морфология ледяных образований

Климатические условия островов весьма суровы (табл. 1). Лето (период с положительными средними суточными температурами воздуха) продолжается не более двух месяцев, причем в любое время

могут быть заморозки. Снежный покров сохраняется в течение 9-10 месяцев, в холодные годы (например, в 1992 г.) снежники лежат практически все лето. Характерны сильные (до 35 м/с и более) ветры, частые пурги, даже в теплый период года.

Острова, сложенные рыхлыми отложениями

Известные описания ледяных образований на этих островах очень лаконичны. Р.Л. Самойлович характеризует южный берег *о. Визе* как «...полосу древнего льда, покрытую холмистыми нагромождениями обломков коренной породы, слабо окатанных» [Самойлович, 1930, стлб. 1144-1145]. Н.Н. Урванцев считает эти льды «...остатками исчезнувшего ледника, разбитыми многочисленными трещинами, в которых скопилась пресная вода от стаявшего снега» [Урванцев, 1935, с. 55]. Видимо, за остатки древнего ледника были приняты многочисленные снежники-перелетки, которые сохраняются под обрывистыми бе-

Климатические характеристики островов [24]

| Острова | Средняя температура воздуха, °С | | | | Абсолютные значения температуры воздуха, °С | | Количество осадков, мм | | Снежный покров, средние даты установления схода | |
|--------------|---------------------------------|-----|---------|-------|---|--------------|------------------------|--------|---|-------|
| | I | VII | VI-VIII | I-XII | минимальные | максимальные | лето | за год | установления | схода |
| Визе | -25,9 | 0,5 | -0,3 | -13,6 | -52 | 12 | 86 | 199 | 13.IX | 28.VI |
| Диксон | -26,3 | 4,6 | 3,2 | -11,5 | -46 | 27 | 138 | 390 | 2.X | 15.VI |
| Известий ЦИК | -26,1 | 1,6 | 0,9 | -12,2 | -50 | 18 | 113 | 299 | 15.IX | 8.VII |
| Исаченко | -27,4 | 1,1 | 0,3 | -13,4 | -52 | 16 | 120 | 280 | - | - |
| Правды | -29,2 | 2,1 | 1,2 | -13,9 | -51 | 23 | 130 | 339 | 18.IX | 28.VI |
| Преображения | -30,4 | 3,5 | 2,5 | -13,6 | -50 | 26 | 114 | 225 | 25.IX | 14.VI |
| Русский | -29,2 | 1,2 | 0,1 | -14,3 | -52 | 20 | 116 | 289 | 18.IX | 30.VI |
| Уединения | -25,2 | 0,7 | 0,2 | -12,8 | -48 | 14 | 114 | 259 | 24.IX | 9.VI |

регами острова, превратившись в лед. По описаниям зимовщиков полярной станции на о. Визе, подошва снежников уходит под урез моря. Кроме снежников, в 1945-1946 гг. при установке столбов для построек были обнаружены линзы чистого почвенного льда значительных размеров. Редкие включения почвенного льда малой толщины встречаются и в песчано-глинистых обрывах высотой до 15-20 м (материалы научных отчетов полярной станции на о. Визе).

Ископаемые льды описаны в [Назаров, 1948] в рыхлых отложениях *о. Уединения*, который интенсивно размывается морем. Толщина ледяных клиньев достигает здесь 2 м [Дибнер, 1957].

Острова *Арктического Института* сложены преимущественно песчаными

мерзлыми малоледистыми породами с многочисленными валунами, галькой и щебнем. В них преобладает массивная криогенная текстура. На пологих (до 5°) склонах и субгоризонтальных междуречьях о. Большого мы не обнаружили ни одного признака залежеобразующих льдов.

Также невелика льдистость песчано-глинистых отложений *о. Свердруп*. В них преобладает массивная криогенная текстура, редко встречается линзовидная. В небольших полостях в толще суглинков формируются кристаллы прозрачного льда. Линзы и шпирь льда приурочены почти исключительно к тяжелым ореховатым или оскольчатым суглинкам. В супесчано-суглинистых толщах, подстилающих мало-мощный (0,6 м) торфяник на северном берегу острова, обнаружены многочисленные

Таблица 2

Изотопно-кислородный состав подземных льдов

| Острова | Объекты | Высота над урезом, м | Изотопный состав, ‰* | |
|----------------------------------|--|----------------------|-----------------------|------------------|
| | | | $\delta^{18}\text{O}$ | δD |
| Преображения | ледяная жила | 90,0 | - 21,2 | - 159,4 |
| | ледяная жила | 11,0 | - 26,6 | - 202,7 |
| Свердруп | ледяная жила | 5,0 | - 24,9 | - 188,8 |
| | ледяная жила | 6,0 | - 19,1 | - 143,1 |
| | ледяной шпир на подошве деятельного слоя | 12,0 | - 14,1 | - 102,8 |
| Русский (архипелаг Норденшельда) | шпирь льда | 11,0 | - 17,7 | |
| | горизонтальный шпир льда | 5,0 | - 24,2 | |
| | ледяная линза | 3,0 | - 20,6 | |
| | ледяная линза | 3,0 | - 17,2 | |
| | текстурирующие льды | 3,0 | - 19,9 | |
| | текстурирующие льды | 1,5 | - 23,1 | |
| | снежник | 1,0 | - 8,6 | |

* В настоящей публикации все данные по изотопному составу льда приведены относительно стандарта V-SMOW (Венская стандартная средняя океаническая вода) и выражены как относительное отклонение δ содержания тяжелого изотопа в образце от содержания его в стандарте (в ‰).

прослой и линзы льдов вертикальной, горизонтальной и наклонной ориентировки, а также ледяные жилы шириной до 30 см. Слои грунта рядом с ними заметно изогнуты вверх, что свидетельствует об их полигонально-жильном генезисе. Характер криогенного строения позволяет говорить о синкриогенных условиях формирования таких жил.

По данным радиоуглеродного датирования осадков с о. Свердруп, торфяник в обрыве наклонной поверхности на высоте 7-8 м над ур. моря формировался 9-12 тыс. лет назад [Тарасов и др., 1995]. Это позволяет предположить, что ледяная жила, вскрывающаяся в супесях непосредственно ниже торфяника, имеет верхнеплейстоценовый возраст, что подтверждает и «легкий» ($\delta^{18}\text{O} = -24,9 \text{ ‰}$; $\delta\text{D} = -188,8 \text{ ‰}$) изотопный состав льда (табл. 2). Другая жила, вскрытая в соседней стенке обнажения примерно на одной высоте с торфяником, имеет существенно более «тяжелый» состав ($\delta^{18}\text{O} = -19,1 \text{ ‰}$; $\delta\text{D} = -143,1 \text{ ‰}$). Можно предположить, что она формировалась в аллерёде, когда, по данным спорово-пыльцевого исследования [Тарасов и др., 1995], климат был суше современного, летние температуры выше, а зимние, наоборот, ниже.

На преимущественно пологих (до 5-7°) склонах о. Свердруп располагаются редкие оползни-сплывы длиной до 100 м и шириной до 20 м, в верхней части которых обнажаются тяжелые ореховатые суглинки с многочисленными линзами и прослоями льда толщиной до 1 см. Других ледяных образований здесь не обнаружено, поэтому вопреки распространенному мнению можно сделать вывод о том, что для формирования термокаров и отрыва оползней-сплывов наличие мощных залежей подземных льдов не обязательно. Данные об изотопно-кислородном составе этих льдов говорят скорее об их голоценовом возрасте ($\delta^{18}\text{O} = -14,1 \text{ ‰}$; $\delta\text{D} = -102,8 \text{ ‰}$).

Ископаемые льды известны также [Сакс, 1945] на о. Южном (архипелаг Сергея Кирова), где они вскрываются в осадках террасы 10-15-метровой высоты. Многочисленные ледяные жилы обнаружены в береговых обрывах о. Фарватерного и более южных островов дельты р. Пясины,

сложенных мерзлыми супесчано-суглинистыми отложениями с торфом. Преобладают шлировые, линзовидные и волнистые криогенные текстуры. Сформировалась типичная ортогональная сеть полигонально-жильных льдов шириной до 2 м. Ледяные жилы большей толщины встречаются только в разрезах террас высотой более 5 м. По жилам повсеместно развиваются термокары диаметром 5-7 м.

Ледяные образования на скалистых островах

Множество ледяных образований обнаружено также на островах, сложенных дочетвертичными породами. Так, Ю.Е. Погребницкий [1970] наблюдал захороненные линзы льда на о. Моржово в Пясинском заливе - крутосклонной структурно-денудационной возвышенности. Системы байджерахов и разделяющих их ложбин, свидетельствующие о наличии полигонально-жильных льдов, распространены на пологонаклонных вершинных поверхностях о. Диксон.

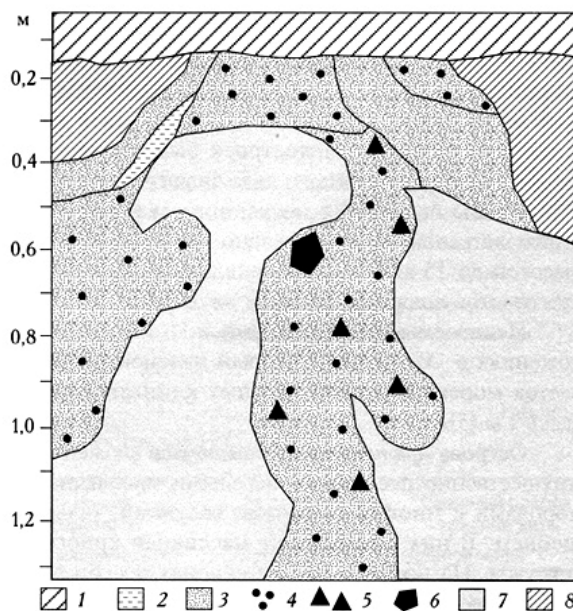


Рис. 2. Фрагмент разреза рыхлых отложений о. Преображения (поверхность высотой 25 — 35 м): 1 — суглинок, 2 — супесь, 3 — песок, 4 — гравий, 5 — щебень, 6 — глыбы, 7 — лед, 8 — осыпь

Fig. 2. The fragment of the loose-deposits section in the Preobrazhenye island (surface in 25 — 35 m): 1 — loam, 2 — loamy sand, 3 — sand, 4 — gravel, 5 — rock debris, 6 — blocks of the rock, 7 — ice, 8 — talus

Льдистость мерзлых рыхлых отложенных островов *архипелага Известий ЦИК* в целом невелика. Преобладают скелетные грунты с суглинистым заполнителем и значительным (до 70 %) количеством щебня и дресвы, имеющие в основном массивную криогенную текстуру с редкими линзами сегрегационных льдов. Единичные линзы льда встречаются в галечниках, слагающих морскую террасу высотой 3-6 м. О наличии ледяных клиньев, описанных В.Д. Дибнером [1957] со слов гидрографа И.Г. Аристова, говорят немногочисленные участки с байджерахами и термокарами. Вдоль небольших водотоков располагаются холмы высотой до 0,5-0,7 м, почти ортогонально чередующиеся с более увлажненными участками. Хорошо выраженные байджерахи высотой до 1 м и термокары наблюдаются, в частности, в береговых обрывах оз. Угловатого на *о. Тройном*. Диаметр термокаров до 4 м, высота их задней стенки 0,8-1 м, в ней обнажаются светло-бурые тяжелые суглинки со щебнем.

Под скалистыми обрывами островов *архипелага Известий ЦИК* снежники сохраняются иногда несколько лет, в холодные годы они опираются на нескрывающийся припай. В руслах немногочисленных ручьев формируются снежные надувы толщиной более 3 м. На мысе Полусотенном возвышается холм высотой 3-3,5 м, образованный нагромождением друг на друга торосами (береговой навал). До нашего посещения острова в июле 1992 г. он таял около пяти лет.

На поверхности молодой морской террасы высотой до 2,5 м формируется полигональный рельеф, состоящий из окруженных валиками канав глубиной до 1 м и шириной 0,8-2 м. Высота валиков до 0,4 м, ширина 0,8-1 м. Понижения между канавами практически квадратные со стороной 22-28 м, частично заполненные водой.

Широко распространены подземные льды на *о. Преображения* в Хатангском заливе. В верхней части обрыва поверхности высотой 75-85 (90) м [Романенко, 1996] на восточном берегу острова сформировалось несколько термокаров диаметром до 20 м и глубиной до 1,5 м. В них обнажаются мерзлые темно-серые тяжелые суглинки с тонкошлировой криогенной текстурой и

ледяными жилами высотой до 1,2 м и шириной до 7,3 м. Лед в жилах обычно прозрачный или молочно-белый. Во вмещающих полигонально-жильные льды суглинках отмечены многочисленные шпирьы льда толщиной до 2 см, расположенные через 1-3 см, и вертикальные ледяные прослойки толщиной до 1 см. На поверхности здесь располагаются ортогональные системы плоскостных ложбин с озерами глубиной до 0,6 м и диаметром до 50 м и невысоких плосковершинных байджерахов.

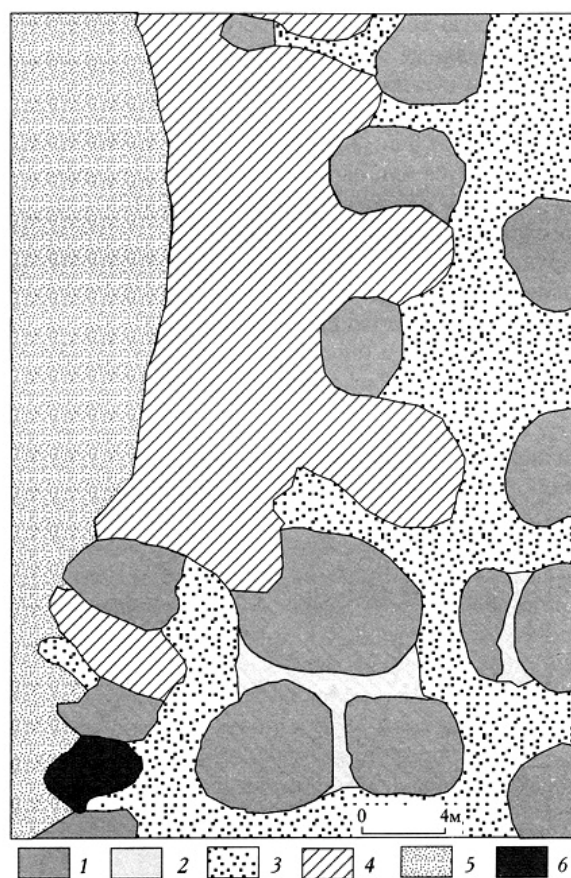


Рис. 3. План участка южного берега о. Преображения: 1 — плосковершинные байджерахи, 2 — узкие ложбины между разными частями байджерахов, 3 — широкие ложбины между байджерахами, 4 — делювиальный склон, 5 — галечный пляж, 6 — останец мезозойских песчаников

Fig. 3. The plan of the south coast in the Preobrazhenye Island: 1 — flat-top baydzherakhs, 2 — narrow hollow inside on the baydzherakhs, 3 — wide hollow between the baydzherakhs, 4 — deluvial slope, 5 — pebble beach, 6 — butte of the Mesozoic sandstone

Значение $\delta^{18}\text{O} = -21,2 \text{ ‰}$ (см. табл. 2) льда жилы из термокара на высоте около 90 м близко к значениям изотопно-кислородного состава в современных полигонально-жильных льдах севера Западной Сибири. В то же время значительная шири-

на жил указывает на их более древний возраст. По-видимому, такое «осовременивание» изотопного состава жил в приповерхностной части (откуда был отобран образец) происходит благодаря продолжающемуся до настоящего времени их морозобойному растрескиванию.

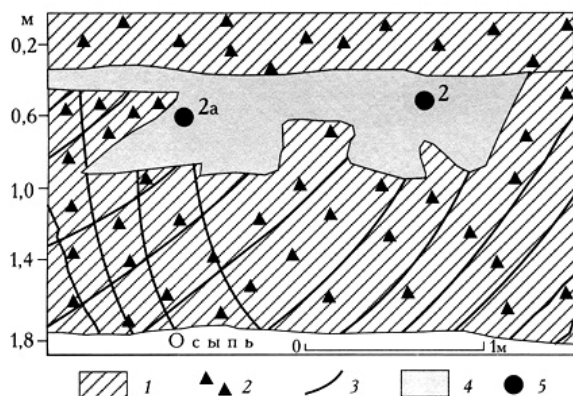


Рис. 4. Разрез рыхлых отложений северного берега о. Русский (архипелаг Норденшельда): 1 — элювиальные суглинки, 2 — щебень, 3 — ледяные шлиры толщиной до 2 см, 4 — ледяная линза, 5 — точки отбора образцов на химический и изотопно-кислородный анализы

Fig. 4. Loose-deposits section in the northern coast of the Russky Island (Nordenskjöld archipelago): 1 — eluvial loam, 2 — rock debris, 3 — schlieren ice (thickness up to 2 cm), 4 — ice lens, 5 — places of the samples selection for the isotope and chemical analysis

В разрезе рыхлых отложений о. Преображения на высотах от 25 до 60 м сложно построенная толща разнозернистых песков, супесей, галечников, реже суглинков и глин, пронизана ледяными жилами причудливой конфигурации (рис. 2) толщиной по вертикали до 1,2 м и шириной до 1,5 м. Лед прозрачный, иногда с наклонной слоистостью более темных и более светлых прослоев с постепенными переходами одних к другим, иногда с вертикальными прожилками супеси и суглинка. Криогенная текстура вмещающих пород в основном массивная, волнистая, сетчатая, линзовидная или слоистая (толщина шлиров до 1 см, в гравийниках до 3 см). Часто несколько субвертикальных шлиров, постепенно утолщаясь и сливаясь, образуют единую жилу. Характер криогенного строения рассматриваемой толщи свидетельствует о сингенетических условиях ее промерзания. На субгоризонтальных участках разной высоты широко распространен полигональный рельеф с буграми диаметром до 5 м и высо-

той до 0,3 м, которые выделяются среди ортогональной системы ложбин шириной до 3 м только по характеру растительности.

В береговых обрывах полигонально-жилые льды интенсивно вытаивают с формированием многочисленных термокаров (рис. 3) шириной до 18-20 м и высотой уступа задней стенки до 1,7 м. Рост термокаров сопровождается сползанием вниз по склону отседающих блоков дернины.

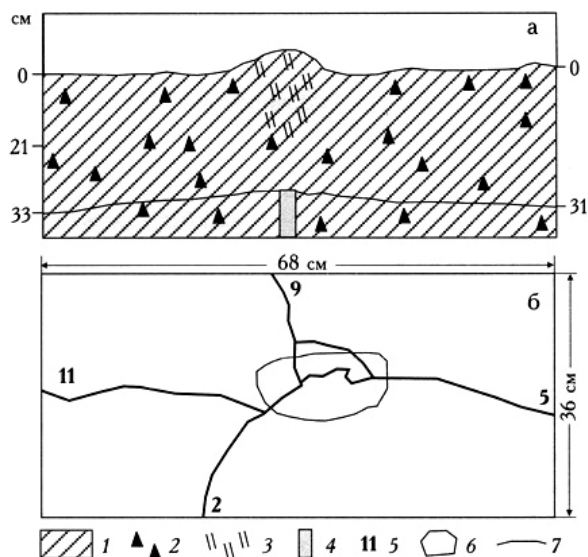


Рис. 5. Разрез (а) и план (б) пятна-медальона на о. Русском: 1 — суглинки, 2 — щебень, 3 — обрывки мха, 4 — лед, 5 — ширина мохово-лишайникового межпятенного понижения на поверхности над ледяным шлиром, в см, 6 — участок с наименьшей мощностью деятельного слоя, 7 — подошва деятельного слоя

Fig. 5. Transect (a) and plan (b) of the spot-medallion of the Russky Island: 1 — loam, 2 — rock debris, 3 — snatch of the moss, 4 — ice, 5 — width of the moss-lichen depressions between spot-medallions on the surface over schlieren ice, cm, 6 — strip of the minimal thickness of the active layer, 7 — base of the active layer

Таким образом, ледяные жилы наблюдаются в интервале высот от 10 до 90 м в сходных по облику преимущественно песчано-гравийных отложениях. Низкое содержание изотопа ^{18}O во льду жил нижнего (25-35 м) высотного яруса ($\delta^{18}\text{O} = -26,6\%$) (см. табл. 2) указывает на весьма суровые климатические условия периода их формирования и позволяет говорить о плейстоценовом (зырянском?) [Романенко, 1996] возрасте рассматриваемой толщи рыхлых отложений.

Использование на полярной станции о. Преображения в 40-80-е годы тяжелой гусеничной техники оставило многочисленные глубокие колеи, которые незамед-

лительно подверглись эрозии. В тыловой части поверхности высотой 25-35 м в некоторых местах образовался настоящий «бедленд». Эрозия вскрыла полигонально-жильные льды, и глубина оврагов достигла 1,7-2 м. Практически все эрозионные формы с V-образным поперечным профилем заложены по колеям гусеничной техники. Высота падения оврагов достигает 80 м при протяженности до 600 м. Густота расчленения острова составляет 1,6 км/км².

Крутизна бортов эрозионных форм корытообразного поперечного профиля (балок) обычно до 10°, редко до 20°. В одной из таких балок глубиной до 30 м на высоте около 66 м вдоль склона южной экспозиции вытянут снежник-перелеток длиной 35-40 м. Под 20-сантиметровым слоем снега находится бело-голубоватый лед.

Многочисленные острова *ихер Минина* в основном скалистые. Небольшие участки аккумулятивных равнин сложены преимущественно песками и галечниками, реже глинами. Выходы ископаемых льдов известны на *о. Северном Плавниковом* (их толщина 1,5 м) и на *о. Циркуль*, где лед толщиной 3-4 м перекрыт слоем глины мощностью 3 м [Троцкий, 1977]. Это обуславливает значительные скорости отступления берега на этих островах - до 3 м/год. Крупные залежи ископаемого льда толщиной до 4 м были найдены в 1945 г. А.П. Окладниковым на *о. Фаддея* (Северо-

Восточный Таймыр) при археологических работах [Сакс, 1945].

Своеобразные подземные залежи льдов формируются на *о. Русском* в архипелаге Норденшельда, который сложен преимущественно сланцами и песчаниками среднего - позднего протерозоя [Погребницкий, 1970], перекрытыми крупнообломочным элювиально-делювиальным чехлом (максимальная высота острова 39 м). Протерозойские породы находятся в мерзлом состоянии. Под береговыми обрывами формируются снежники, многие из которых перелетки. В распространенных на юге острова морских песчаных отложениях преобладают массивная и линзовидная криогенные текстуры.

Северо-восточный берег острова между лагунами Домашней и Мелкой представляет собой обрыв высотой до 7-9 м, сложенный в основном серыми листоватыми и темно-серыми массивными глинистыми сланцами. Они сильно дислоцированы, смяты в складки, наблюдаются многочисленные зоны дробления. Сланцы перекрыты элювиальными сизовато-серо-зелеными суглинками с включениями (45-55%) щебня и дресвы. На некоторых участках суглинки содержат большое количество льда и имеют линзовидную криогенную текстуру, отмечаются единичные ледяные жилы шириной около 1 м. Кроме них, среди суглинков со щебнем находятся многочисленные про-

Таблица 3

Химический состав ледяных образований на о. Русском

| Характеристики | Снежник | Линза N 1 | Линза N 2 | Линза N 2A |
|---|---------|-----------|-----------|------------|
| PH | 6,6 | 6,1 | 9,2 | 9,2 |
| CO ₂ свободный, мг/л | 8,8 | 8,8 | 149,6 | 140,8 |
| Бикарбонаты, HCO ₃ ²⁻ * | 0,4 | 0,4 | 0 | 0 |
| Хлориды, Cl- | 10,2 | 0,8 | 8,8 | 1,6 |
| Сульфаты, SO ₄ ²⁻ | 2,06 | 0,55 | 8,33 | 6,55 |
| Кальций, Ca ²⁺ | 2,4 | 0,4 | 5,4 | 3,6 |
| Магний, Mg ²⁺ | 5,2 | 0,4 | 1,4 | 1,6 |
| Железо общее, Fe ³⁺ + Fe ²⁺ | 0 | 0 | 0,15 | 0,05 |
| Натрий, Na ⁺ | 5,07 | 0,97 | 10,22 | 2,9 |
| Фтор, F- | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0 |
| Жесткость общая | 7,6 | 0,8 | 6,8 | 5,2 |
| Жесткость карбонатная | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| Сухой остаток, мг/л | 706 | 104 | 940 | 500 |
| Окисляемость, мг/л | 2,1 | 2,1 | 4,1 | 4,1 |
| δ ¹⁸ O, ‰ | -8,6 | -24,2 | -17,2 | -20,6 |

* Здесь и далее все элементы в мг-экв/л.

слои и линзы льда длиной до 10 см и толщиной 3-4 см. Кристаллы льда в прослоях имеют форму куба или параллелипипеда и ориентированы согласно слоистости породы. Самый мощный прослой льда находится на глубине 0,8-1,0 м от поверхности в серых листоватых сильновыветрелых сланцах. В одном из понижений шириной около 3 м в обрыве вскрывается выпуклая книзу ледяная линза толщиной до 0,7 м (рис. 4): лед прозрачный, практически без крупных воздушных пузырьков.

По ледяным жилам и линзам на этом участке берега сформировалось множество термокаров нескольких возрастных генераций со сглаженной задней бровкой высотой 0,3-0,5 м и диаметром до 6 м (редко до 10 м). В одном месте, сливаясь, термокары образовали единую форму длиной около 50 м и глубиной 0,5-0,6 м. Поверхность высотой 10-13 м покрыта здесь буграми, возвышающимися до 0,3 м (иногда до 1 м), разделенными увлажненными ложбинами с озерками шириной до 3 м и длиной до 20 м. По кровле мерзлоты отседают блоки бурых средних суглинков практически без щебня, зеркалом скольжения для которых служит лед. Участки с аналогичным рельефом иногда встречаются и на более высоких поверхностях.

Интересная особенность строения мерзлой толщи на *о. Русском* - образование в днищах временных водотоков крупногальечной отмостки, перекрывающей зыбучие тиксотропные грунты, талые до значительно большей глубины, чем на окружающих участках.

На дне прикопки, расположенной на плоской поверхности высотой 10-13 м, покрытой медальонным микрорельефом, видно (рис. 5), что ледяные шпирь толщиной 0,7-1 см находятся точно под моховыми межпятенными понижениями. Самый мощ-

ный шпирь располагается под слабовыраженным поднятием в центральной части медальона, где мощность деятельного слоя минимальна.

Значения $\delta^{18}\text{O}$ в опробованных шпирях и линзах льда в интервале высот 6-11 м над урезом Карского моря изменяются от -17,2 до -24,2 ‰ (см. табл. 2). Криогенное строение вмещающих отложений свидетельствует об эпигенетическом характере их промерзания, что затрудняет палеоклиматическую интерпретацию изотопно-кислородных данных. Можно лишь отметить, что практически все образцы, кроме взятого из шпиря на высоте 11 м, отобраны из береговых обрывов, которые в течение лета находятся под влиянием морской воды, выплескивающейся на лед при штормах и вскоре замерзающей. Несмотря на это, изотопный состав льда в ледяной линзе довольно «легкий» ($\delta^{18}\text{O} = -24,2$ ‰), что свидетельствует о его образовании в суровых условиях, и, возможно, плейстоценовом возрасте.

Проведенные в лаборатории ВНИПИ «Промтехнология» (аналитики Е.А. Михеева и Л.И. Коренкова) химические анализы воды из ледяных образований показали существенные отличия состава снежника-перелетка и ледяных жил (табл. 3), которые находились на расстоянии несколько сотен метров друг от друга. Химический состав снежника - хлоридно-магниевый-натриевый, жилы N 1 - хлоридно-натриевый, жилы N 2 (образец 2) - хлоридно-натриевый или (образец 2А) - сульфатно-кальциевый.

Обращают на себя внимание значительные различия химического и изотопного состава образцов из разных частей одной и той же ледяной линзы (образцы 2 и 2А). В несколько раз отличается содержание «морских» ионов хлора и натрия, что и дает, видимо, заметное «утяжеление» значе-

Таблица 4

Морфометрические характеристики термокаров

| Острова | Диаметр термокара, м | Высота задней стенки, м | По какому типу льдов развивается |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Известий ЦИК | 4 - 5 | 0,8-1,0 | ледяные шпирь |
| Преображения | 18 - 20 | 1,7 | полигонально-жилые льды |
| Русский | 8 - 10 | 0,4-0,5 | прослой льда до 5 см |
| Фарватерный | термокары термоцирки | 5 - 7 до 20 | до 1 м полигонально-жилые льды и сильно-льدياتые грунты |

ния $\delta^{18}\text{O}$ льда в образце 2. В эту часть линзы скорее всего поступило большее количество морской воды. Также видно, что максимальное «утяжеление» изотопного состава снежниковой воды определяется высоким содержанием хлорид-иона.

Труднообъяснима столь значительная разница (на порядок) содержания свободного углекислого газа в образцах из снежника и ледяной линзы N 1, с одной стороны, и линзы N 2, с другой.

Выводы

Таким образом, на островах у побережья Таймыра встречаются подземные льды разных видов: полигонально-жильные, сегрегационные, лед-цемент, сублимационные. Практически отсутствуют инъекционные и пластовые льды. Наиболее распространены шлиры и линзы сегрегационных льдов, а также полигонально-жильные льды. К сингенетическим ледяным образованиям можно отнести полигонально-жильные льды внешних островов дельты Пясины (Фарватерный, Чаек, Лабиринтовые и др.), которые сложены рыхлыми отложениями, а также, вероятно, о-вов Преображения и Свердруп; на других островах явно преобладают эпигенетические льды. Данные изотопно-кислородного анализа показывают, что возраст ледяных образований также различен, наблюдаются как верхнечетвертичные, так и голоценовые льды.

В береговых обрывах островов, сложенных коренными породами и перекрытых элювием, наблюдаются залежи льдов, образующиеся, видимо, в результате захоронения морских льдов и снежников, а также последующей их перекристаллизации. Генетическое разграничение этих льдов представляет собой сложную задачу, так как постоянно штормами забрасывается морская вода, ежегодно образуются и перекристаллизовываются снежники, морской лед выталкивается к подножью обрывов с последующим его захоронением.

Разрушение берегов вследствие вытаивания подземных льдов - один из самых интенсивных современных процессов в вы-

сокоширотной Арктике, а образующиеся при этом термокары - одна из самых распространенных форм рельефа (табл. 4). Для начала образования термокара или схода оползня-сплыва на арктических островах вполне достаточно наличия шлира льда толщиной всего несколько сантиметров.

Наличие ледяных жил, как установленного (о. Свердруп), так и предполагаемого (о. Преображения) позднечетвертичного возраста, свидетельствует об отсутствии мощного покровного оледенения в сарматское время к северу от о. Таймыр. Это заключение подтверждается комплексными исследованиями на архипелаге Северная Земля [Nikolaev et al., 1998] и не противоречит данным спорово-пыльцевого анализа торфяника с о. Свердруп. Уже первые исследователи геологии островов Карского моря [Купеев, 1940] отмечали там отсутствие морены, несмотря на многочисленные эрратические валуны.

Авторы выражают глубокую признательность руководству Арктической экспедиции ИПЭЭ РАН, начальнику отряда Е.Е. Сыроечковскому-младшему, участникам полевых работ Ю.П. Кожевникову, Е.Г. Лаппо, М.Н. Нурову, руководству Диксонского управления по гидрометеорологии и мониторингу природной среды, летчикам и техникам Диксонской авиаэскадрильи, начальникам полярных станций «Остров Преображения» В. Тарасову, «Острова Известий ЦИК» А.М. Бабко, «Остров Русский» А.П. Морозову, «Остров Правды» В.А. Шуканову, зимовщикам В.Н. Вощенко, С.В. Слепневу, А. Меньшову, М.И. Никитенко, В. Бахтину за большую помощь в организации и выполнении полевых работ. Авторы благодарны В.П. Стрижову (Институт географии РАН), Ж. Жузелю и М. Стъевенарду (Лаборатория моделирования климата и окружающей среды Комиссариата по атомной энергии в Сакле, Франция) за помощь в проведении изотопных исследований.

Работы частично финансировались Российским фондом фундаментальных исследований (гранты N 97-05-64118 и N 99-06-80085), ФЦП «Интеграция».

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллер Г.Д., Уль Г.Ф. Острова «Известий ЦИК». -Тр. Арктич. ин-та, т. 41, 1936, с. 73-80.
2. Арктические тундры Таймыра и островов Карского моря. М., Ин-т проблем экологии и эволюции РАН, 1994. Т. 1, 276 с.; т. 2, 208 с.
3. Влодавец В.И. Геолого-петрографические наблюдения, произведенные во время экспедиции на л/п «Сибиряков» в 1932 г. - Тр. Арктич. ин-та, т. 10, 1933, с. 175-202.
4. Гаккель Я.Я. Остров Уединения. - Поход «Челюскина». М., ГУСМП, ч. 1, 1934, с. 100-108.
5. Дибнер В.Д. Геологическое строение островов центральной части Карского моря. - Тр. НИИГА, т. 81, 1957, с. 97-104.
6. Дибнер В.Д. Геоморфология островов и морского дна советского сектора Северного Ледовитого океана. - Геология СССР, т. 26. М., 1970, с. 411.
7. Дибнер В.Д., Захаров В.В. Острова Карского моря. - Острова Советской Арктики. Геология СССР, т. 26, М., 1970, с. 196-207.
8. Дибнер В.Д., Мирошников Л.Д. Меловые отложения Горного Таймыра. - Геология и геофизика, 1964, № 2, с. 33-47.
9. Ермолаев М.М. Геологический очерк островов центральной части Карского моря. - Тр. Всес. Арктич. ин-та, т. 87, ч. 1, 1937, с. 199-204.
10. Киреев И.А. Некоторые геологические и геоморфологические показатели в деле гидрографического изучения Карского моря. - Северный морской путь, т. 15, 1940, с. 25-35.
11. Куваев В.Б., Афонина О.Н., Журбенко М.П. и др. Растительный покров острова Русского (архипелаг Норденшельда, Карское море). - Ботанический журнал, т.82, № 10, 1997, с. 100-111.
12. Куваев В.Б., Кожевникова А.Д., Гудошников С.В. и др. Растительный покров острова Сибирякова. М., «Наука», 1994, 160 с.
13. Лаппо С.Д. Остров Свердруп по наблюдениям с самолета. - Бюлл. Арктич. ин-та, 1932, № 4, с. 74-75.
14. Люткевич Е.М. Геология архипелага Каменных островов Карского моря и их положение в структуре Таймырской складчатой дуги. - Проблемы Арктики, 1940, № 4, с. 56-69.
15. Моор Г.Г. К геологии острова Диксона. - Природа, 1939, № 7, с. 69-72.
16. Назаров В.С. Динамика берегов острова Уединений. - Проблемы Арктики, 1948, № 2, с. 117-118.
17. Погребницкий Ю.Е. Острова Таймырского мелководья. - Острова Советской Арктики. Геология СССР, т. 26, М., 1970, с. 208-227.
18. Романенко Ф.А. [Рельеф и четвертичные отложения острова Преображения](#). - Геоморфология, 1996, № 1, с. 81-86.
19. Романенко Ф.А. Строение и динамика рельефа островов Карского моря. - Динамика арктических побережий России. М., 1998, с. 131-153.
20. Сакс В.Н. Четвертичные отложения Таймырского полуострова и прилегающих островов. - Проблемы Арктики, 1945, № 2, с. 84-111.
21. Самойлович Р.Л. Работы арктической экспедиции на ледокольном пароходе «Седов» в 1930 году. - Природа, 1930, № 11-12, стлб. 1135-1154.
22. Сафронова И.Н., Ходачек Е.А. О флоре и растительности островов Андрея, Уединения и Визе (Северный Ледовитый океан). - Ботанический журнал, т. 74, № 7, 1989, с. 1003-1011.
23. Сергеев М. Таймырская экспедиция. - Советский Север, 1934, № 1, с. 141-149.
24. Справочник по климату СССР, вып. 21, ч. II-IV. Л., ГИМИЗ, 1967-1969.
25. Тарасов П.Е., Андреев А.А., Романенко Ф.А., Сулержицкий Л.Д. [Палиностратиграфия верхнечетвертичных отложений острова Свердруп \(Карское море\)](#). - Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 3, N 2, 1995, с. 98-104.
26. Троцкий В.А. [Материалы по динамике юго-восточных берегов Карского моря](#). - Геоморфология, 1977, N1, с. 82-86.
27. Урванцев Н.Н. Два года на Северной Земле. Л., Изд-во Главсевморпути, 1935, 255 с.
28. Nikolaev V., Bol'shiyanov D., Jouzel J. et al. Evolution of Severnaya Zemlya Glaciation in Holocene. - Proc. of the Second Intern. Confer. on Climate and Water (Espoo, Finland, 17-20 August 1998), v. 3, 1998, p. 1205-1216.

SUMMARY

The study is dedicated to practically unknown peculiarities of ground ice in the small islands of the Kara and Laptev Seas. For the first time in native science we have integrated diverse geocryological data (as well published and unpublished ones) on location and morphology of permafrost with new field observations in Izvestiya TsIK, Sverdrup, Nordenskjold archipelago (Kara Sea) and Preobrazhenye Island (Laptev Sea). Features of polygonal wedge ice, segregated ice, ice-cement and sublimation ice are described. Polygonal ice as well as segregated ice are most widespread ones in the areas. On Preobrazhenye and Sverdrup islands they were formed by syngenetic way and others - by epigenetic. In rock coasts ice lens are formed by burial and recrystallization of the marine ice and snowbanks. Data testify that coast destruction by melting of the ground ice is one of the most intensive processes in the High Arctic. In particular thermocircess and ground ice slumps (landslides) form ice lens as thick as several centimetres are enough to initiate last ones. The first results of isotopic analyses and radiocarbon dating testify to Late Pleistocene and Holocene age of the ice studied. In spite of numerous erratic blocks on Arctic islands Late Pleistocene ice wedges indicate that there was no a great ice sheet northward from Taymyr Peninsula in Sartan (Late Wurm) Ice Age.

Ссылка на статью:



Романенко Ф.А., Михалев Д.В., Николаев В.И. Подземные льды на островах у берегов Таймыра // Материалы гляциологических исследований. № 91. 2001. С. 129-137.