

Палиноспектры пластовой ледяной залежи в долине реки Еркутаяха, Южный Ямал

Васильчук Алла Константиновна

доктор географических наук

ведущий научный сотрудник, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ)

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, ГСП-1, 1, географический факультет, НИЛ геоэкологии Севера

Vasil'chuk Alla Constantinovna

Doctor of Geography

Leading Scientific Associate, M. V. Lomonosov Moscow State University

119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory Street, GSP-1, 1, faculty of Geography, Scientific Research Laboratory of Geoecology of the North

✉ alla-vasilch@yandex.ru



Аннотация

Объектом исследования является самое южное из изученных на Ямале местонахождений пластовых льдов, расположенное на левом берегу р.Еркутаяха (68°11'18" с.ш., 68°51'39" в.д.). В обнажении песчаной толщи высотой 15–18 м вскрывается дислоцированная пластовая залежь общей протяженностью около 100 м. Ледяная залежь сложена разными типами льда. Всего выделяется лёд четырёх типов: 1) лёд чистый матовый белый с большим количеством газовых ксеногенных включений; 2) лёд "хрустальный" прозрачный, иногда с включениями грунта; 3) лёд серый со стальным отливом, слоистый, слоистость параллельна наклону верхнего контакта ледяной залежи; 4) лёд серый блочный, залегают в виде черепицы. Каждый тип льда исследовался палинологическим методом. Для палинологических определений было отобрано 10 образцов пластового льда из разных фрагментов обнажения и из льда разных типов. Исследование палиноспектров во льду позволило более определённо ответить на вопрос о генетической принадлежности изученной залежи. Палиноспектры, изученные в разных типах льда вскрытой залежи, точнее сочетания пластовых ледяных тел разного сложения свидетельствуют о внутригрунтовом происхождении льда. На это указывает типично тундровый характер палиноспектров, доминирование пыльцы карликовой березки, ольховника, злаков, осок и спор зеленых мхов (14-25%), участие пыльцы верескоцветных (3-10%), практически полное отсутствие пыльцы древесных пород, наличие спор хвощей, пыльцы водных растений, таких как *Thalictrum*, *Sparganium*, а также заметное (20-28%) содержание доплейстоценовых палиноморф (15-35%).

Ключевые слова: пыльца, споры, пластовый лёд, тундра, ледник, Ямал, переотложенные палиноморфы, ОСЛ датировка, талик, Север Западной Сибири

DOI:

10.7256/2453-8922.2018.1.25871

Дата направления в редакцию:

30-03-2018

Дата рецензирования:

30-03-2018

Дата публикации:

07-04-2018

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 17-05-00794)

Abstract.

The object of this study is the most southern massive ice in the Yamal Peninsula, located on the left bank of the Erkutayakha River (68°11'18" N, 68°51'39" E). A dislocated massive ice occurred in the 15-18 m exposure of the sandy layer. Its total length is about 100 m. Massive ice is composed of different types of ice. There are four types of ice: 1) pure matte white ice with a large number of gas xenogenic inclusions; 2) crystal clear ice, sometimes with soil inclusions; 3) gray ice with a steel tint, layered parallel to the slope of the upper surface of the massive ice; 4) gray blockice, lies in the form of tiles. Each type of the ice was investigated. 10 samples of massive ice from different parts of the outcrops and of ice of different types have been selected for pollen study. The results of this study allowed to more adequately evaluate ice origin.

Keywords:

pollen, spores, massive ice, tundra, glacier, Yamal Peninsula, reworked palynomorphs, OSL-date, talik, north-west Siberia

Введение

Изученный пластовый лёд (рис. 1) располагается на Южном Ямале, на левом берегу р.Еркутаяха (68°11'18" с.ш., 68°51'39" в.д.). Это самое южное из изученных на Ямале местонахождений пластовых льдов (рис. 1). Растительность на окружающей территории представлена кустарничково-мохово-лишайниковыми, осоково-кустарничково-мохово-лишайниковыми с ивой и ерником пятнисто-бугорковатыми тундрами. Краевые части горизонтальных речных террас заняты кустарничково-злаково-лишайниковыми, кустарничково-лишайниковыми и кустарничково-лишайниково-ракомитриевыми пятнисто-полигональными тундровыми сообществами [\[1\]](#).

Климатические условия

Климат субарктический. Средняя годовая температура воздуха не превышает -9...-8 °С. Средние январские изотермы имеют меридиональное направление изменяясь от -22 на западе до -25 °С на востоке Ямала. Средняя июльская температура воздуха возрастает с северо-запада (7 °С) на юго-восток (14 °С). Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха за зиму составляет -49...-43 °С. Продолжительность безморозного периода колеблется в пределах 57-84 дней, сумма положительных температур 500-1000 ° (а выше 5 °С — 400-900 °), что является существенным ограничением прироста биомассы в теплый период года. Температуры воздуха выше 10 °С (в сумме менее 600 °) указывают на возможность произрастания древесных растений [\[2\]](#).

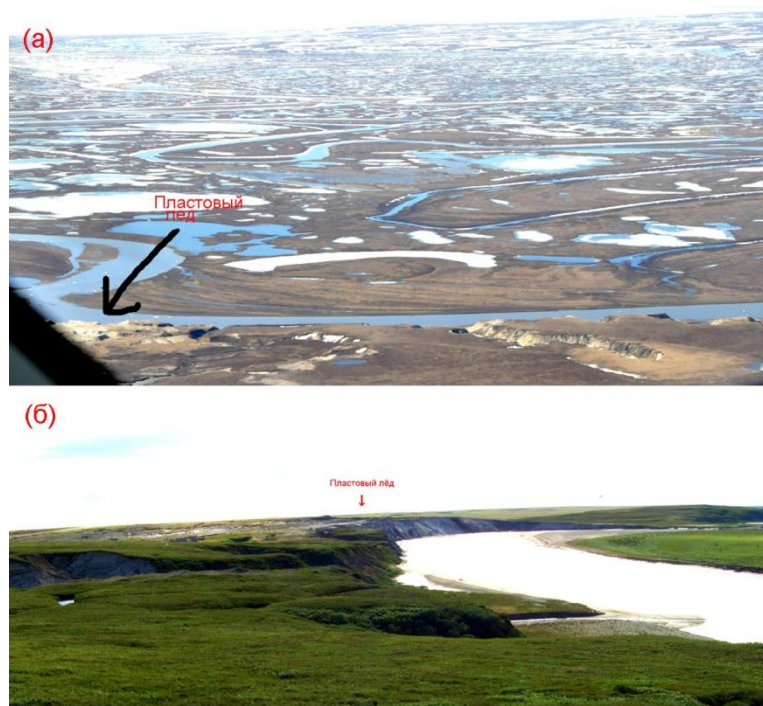


Рис. 1. Расположение пластового льда на левом берегу р.Еркутаяха: а – поперечный ракурс, б – продольный ракурс течения реки

Строение пластовой ледяной залежи

В обнажении высотой 15–18 м вскрывается дислоцированная пластовая залежь общей протяженностью около 100 м, которую вмещают преимущественно слоистые пески. Пластовые льды вскрыты на момент исследования в нескольких цирках и вдоль русла реки (рис. 2).

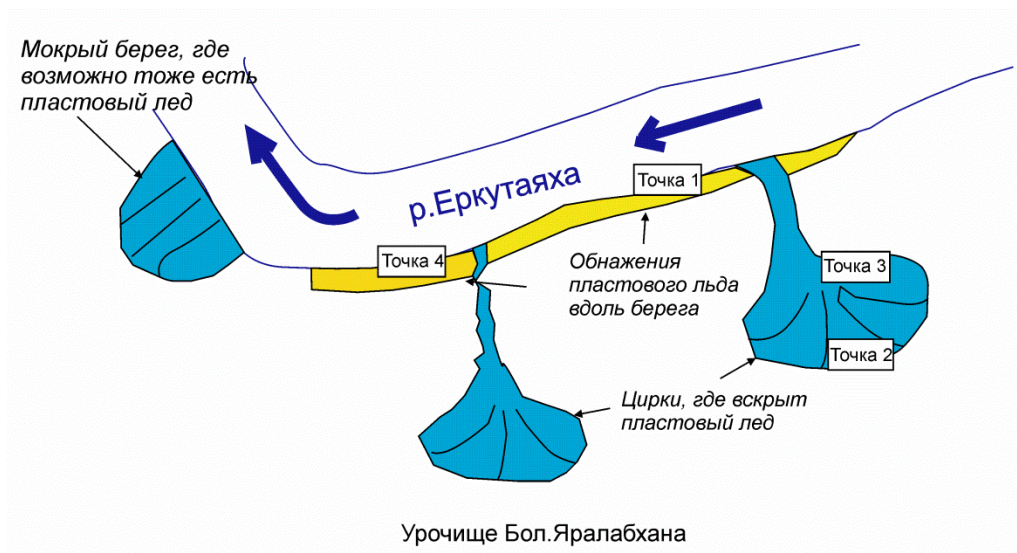


Рис. 2. Расположение точек опробования пластового льда на левом берегу р.Еркутаяха

Наиболее полно ледяная залежь вскрыта в цирке, здесь её мощность достигает 7-10 м (рис. 2). По обе стороны от центральной части залежи ледяные слои круто наклонно падают и уже через 15 м кровля ледяной залежи оказывается на глубине 8 м. В прирусловой части обнажения лучше обнажены горизонтальные прослои льда (рис. 3), в то время как в цирке прослеживается центральный шток [3].

а



б



в



Рис. 3. Характер залегания пластового льда на левом берегу р.Еркутаяха: а – контакт сегрегационного (справа) и инъекционного (слева) пластов льда; б – отбор льда из инъекционного пласта; в – сегрегационный (справа) пласт льда, вскрывающийся в прирусловой части.

Лед внутри залежи характеризуется существенно различной криотекстурой (рис. 4), это преимущественно лёд четырёх типов: 1) лёд чистый матовый белый с большим количеством газовых ксеногенных включений; 2) лёд "хрустальный" прозрачный, иногда с включениями грунта; 3) лёд серый со стальным отливом, слоистый, слоистость параллельна наклону верхней поверхности ледяной залежи; 4) лёд серый блочный, залегает в виде черепицы (рис. 4, 5). Возраст этого гетерогенного пластового комплекса пока точно определить трудно, но OSL датировки, выполненные [4] из вмещающих пласт отложений – от 59 ± 4 до 72 ± 5 тыс. лет – позволяют утверждать, что лёд сформировался не ранее 60 тыс. лет назад.



Рис. 4. Структурно-текстурные особенности сегрегационного пластового льда на левом берегу р.Еркутаяха: а – горизонтально-слоистый периферийный лед; б – лед серый блочный, залегающий в виде черепицы



Рис. 5. Структурно-текстурные особенности пластового льда, р.Еркутаяха: а – лёд чистый матовый белый с большим количеством газовых ксеногенных включений; б – лёд “хрустальный” прозрачный

Споры и пыльца во льду

Для палинологических определений было отобрано 10 образцов пластового льда из разных фрагментов обнажения и из льда разных типов.

В обнажении, вскрываемом вдоль реки, проанализирован молочно-белый, хрустальный и серый лед с включениями грунта. Почти весь проанализированный пластовый лед характеризуется высоким содержанием переотложенных доплейстоценовых палиноморф (15-35%). Такие значения содержания переотложенных палиноморф характерны для пляжевых фаций п-ва Ямал [5]. Кроме того, в образце серого льда отмечены обломки спикул губок, что также характерно для отложений морского генезиса. Отмечены также споры грибов, встречающихся в тундровых болотах и мелкие диатомеи рода *Melosira*. Кварцевые обломки в основном очень мелкие и не окатанные за исключением одного образца серого льда, где кварцевые зерна округлые, их преобладающий размер 25-30 мкм. В этой части обнажения пластовых льдов в палиноспектрах доминирует пыльца кустарников (40-59%). В сером льду преобладает пыльца трав (39%), это в основном пыльца осок (24%).

В цирке, где также вскрыт пластовый лед, проанализирован хрустальный и серый лед. Полученные палиноспектры характеризуются отсутствием переотложенных доплейстоценовых палиноморф, очень высоким содержанием пыльцы кустарников (57-75%) при доминировании пыльцы ольховника (до 41%). В хрустальном льду отмечено значительное количество спор зеленых мхов (25%), в то время как в сером льду споры зеленых мхов не встречены. Однако в сером льду содержание пыльцы верескоцветных – типично тундрового компонента – составляет 10%. Ниже по течению р.Еркутаяха палинологически охарактеризован серый, залегающий в виде черепицы лед. По своей характеристике он близок к палиноспектрам из обнажения вдоль реки. Обращает на себя внимание заметное отличие спорово-пыльцевых спектров вертикально-слоистого льда центрального штока (который, скорее всего, инъекционного генезиса) и горизонтально-слоистого периферийного льда (который, скорее всего, сегрегационного или инфильтрационно-сегрегационного генезиса). Особо заметно это различие при анализе переотложенных пыльцы и спор, которых во льду центрального штока нет, а в периферийной горизонтально-слоистой залежи переотложение очень велико и достигает 35% (табл. 3).

Таблица 1. Палинологическая характеристика ледяной залежи на левом берегу р.Еркутаяха (%), южный Ямал (точка 10–YuV–Yerk)

Микровключения во льду	Вертикально-слоистый лёд центрального штока	Горизонтально-слоистый периферийный лёд
Пыльца древесных	0,0	0,0–2,5
Пыльца кустарников,	35–59	36–72
Пыльца трав и кустарничков	13–36	24–67
Споры	10–27	0–26
Переотложенные пыльца и споры	нет	15–35
Пыльца карликовой березки	14–30	10–35
Пыльца ольховника	21–41	2,5–42
Пыльца ивы	нет	2,4–7
Пыльца верескоцветных	8–10	0–10
Пыльца злаков	0–18	5–13
Пыльца осок	0–7	0–24
Споры многоножковых папоротников	0–7	0–1
Споры сфагновых мхов	1–4	1–6
Споры зеленых мхов	0–25	1–25
Диатомовые водоросли (<i>Melosira</i>)	Нет	Есть
Обломки спикул губок	Нет	Есть
Остатки грибов	Нет	Есть
Микрочастицы угля	Мало	Много
Кварцевые микрочастицы	Не окатанные мелкие	Окатанные мелкие

Это же можно сказать о диатомовых водорослях, обломках спикул губок и остатках грибов – их нет во льду штока и много в периферийном льду. Выявлены различия и в степени окатанности кварцевых частиц – во льду штока они не окатанные, а в горизонтально-слоистом периферийном льду – окатанность кварцевых частиц хорошая. Это указывает на различные источники поступления воды для питания вертикально-слоистого льда центрального штока и горизонтально-слоистого периферийного льда.

Палиноспектры, изученные в разных типах льда вскрытой залежи, точнее сочетания пластовых ледяных тел разной текстуры свидетельствуют о внутригрунтовом происхождении льда. На это указывает типично тундровый характер палиноспектров, доминирование пыльцы карликовой березки (14-35%), ольховника (21-41%), злаков (до 18%), осок (до 7-24 %) и спор зеленых мхов (14-25%), участие пыльцы верескоцветных (3-10%), практически полное отсутствие пыльцы древесных пород, наличие спор хвощей, пыльцы водных растений, таких как *Thalictrum*, *Sparganium*, а также заметное (20-28%) содержание доплейстоценовых палиноморф (15-35%).

Обсуждение

Сопоставление палиноспектров этого комплекса со спектрами, изученными нами ранее в тундровой зоне Ямало-Гыданской провинции, продемонстрировали существенное сходство с палиноспектрами, выделенными в ряде пластовых залежей льда в пределах Бованенковского месторождения [6] ледяных пластах в отложениях первой террасы в устье р. Гыда и в низовьях р.Юрибей [7]. Общими для выделенных палиноспектров являются “тундровый” характер палиноспектров: доминирование пыльцы карликовой березки, осок и спор зеленых мхов с заметным содержанием пыльцы водных растений, и спор хвощей, участие пыльцы верескоцветных, а также присутствие переотложенных

дочетвертичных пыльцы и спор (до 17%), полное отсутствие экзотической пыльцы деревьев широколиственных пород. В пластовом льду Бованенковского месторождения и ледяной залежи в низовьях р.Юрибей также, как и во льдах на р. Еркутаяха встречены остатки диатомей. Преобладание спор зеленых мхов (22-27%) наряду с пыльцой полярной ивы (14%) также характерно как для палиноспектров из серого льда в обнажении на р.Еркутаяха, так и для самого нижнего пласта льда в обнажении пластовых льдов на р.Гыда.

Для сопоставления с палиноспектрами в пластовых ледяных залежах на побережье Обской губы и Карского моря нами были получены палинологические профили длиной несколько километров, при этом были отобраны образцы различных фаций пляжа (табл. 2). Это позволило проследить существенное сходство с общим характером палиноспектров, накапливающихся в прибрежном режиме в тундровой зоне и палиноспектров из пластовых залежей в отложениях морского генезиса. Осадки пляжа разделены на две группы: первая – мелкие пески и супеси и вторая – крупные и средние пески с гравием и галькой. Для иллюстрации выделены пары образцов, расстояние между которыми не превышает одного метра, с контрастным составом палиноспектров. Если условно представить, что эти пары образцов рассматривались бы в разрезах, то очевидно, что они были бы отнесены даже к разным палинозонам (и их возрастные оценки могли бы различаться в тысячи и даже десятки тысяч лет, а палеоландшафтные реконструкции от тундровой до таёжной – сравним, например, 3,7% и 52% пыльцы деревьев на пляже Карского моря на севере п-ова Мамонта у факт. Матюйсале). Содержание пыльцы и спор (%) в отложениях пляжа Карского моря и Обской губы показывает, что гидродинамические процессы и режим осадконакопления в первую очередь определяют особенности палиноспектров пляжевых фаций, а информация о составе окружающей растительности содержится или в неявном виде или вообще искажена.

В большинстве случаев в крупных и средних песках на самом севере Гыданского п-ова на побережье Карского моря содержание пыльцы древесных пород значительно выше, чем, например, в палиноспектрах из лесотундры. Разница в содержании пыльцы деревьев в образцах с разным гранулометрическим составом в Матюйсале на побережье Карского моря достигает 48,3% (до ближайшего современного дерева расстояние на юг более 600 км). Вполне вероятно, что часть пыльцы древесных переотложена из более древних пород, но отличить ее принесенной ветром и течениями с юга, т.е. от синхронной осадку практически невозможно. Как правило, в этих же образцах переотложенные доплейстоценовые формы содержатся в большем количестве. Содержание переотложенных палиноморф колеблется от 2,7% до 37,0%. Интересно, что максимальное содержание (37%) переотложенных форм наблюдается в мелких песках, обогащенных органикой в зоне арктических тундр. Это связано с тем, что в этом палиноспектре отсутствуют те спорные формы, которые можно отнести как к синхронным осадку, так и к переотложенным, поэтому переотложенные пыльца и споры выделены достаточно полно. Наибольшее сходство с палиноспектрами, выделенными из субгоризонтальных слоев льда в обнажении на р. Еркутаяха имеют палиноспектры из отложений Обской губы в зоне кустарниковых тундр.

Если сравнить палиноспектры, выделенные нами во льду обнажения на р.Еркутаяха и палиноспектры изо льда и снежного покрова полярных ледников, то очевидны существенные различия. В толще льда полярных ледников содержание экзотической дальнезональной пыльцы *Acer*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Populus*, *Abies* колеблется от 3 до 23%. В изученной пластовой залежи пыльца экзотических для полярных районов видов древесных пород не встречена, пыльца сосны встречена единично (1 пыльцевое зерно). Во-вторых, в ледниковом льду переотложенные дочетвертичные палиноморфы практически не встречаются, в то время как в пластовом льду в большинстве образцов переотложенные дочетвертичные пыльца и споры отмечены в количестве 15-35%.

Таблица 2. Содержание пыльцы и спор (%) в отложениях пляжа Карского моря и Обской губы

Точка отбора	о. Белый		факт.Матюйсале		а/п	Мы	пос.	Новый
Зона	Арктическая тундра				Кустарничко- вая		Южная	
					тундра		кустарникова я тундра	
Литоло- гия	Мелк ие пески и супес и	Крупны е и средни е пески	Мелкокустарник овых тундр ие пески и супеси	Крупн ые и средн ие пески	Мелк ие пески и супес и	Крупн ые и средн ие пески	Мелк ие пески и супес и	Крупн ые и средн ие пески
Пыльца деревьев	15,0	22,5	3,7	52,0	15,9	40,1	41,8	76,6
Пыльца кустарник ов	4,0	7,8	18,1	3,5	43,3	6,3	19,3	2,4
Пыльца трав и кустарнич ков	58,0	40,0	45,7	19,5	38,0	15,4	12,3	10,1
Споры	23,0	30,0	32,5	31,0	18,6	39,2	26,6	10,9
<i>Larix</i>	–	–	–	1,5	–	–	–	–
<i>Pinus sibirica</i>	13,9	9,2	2,9	28,0	4,0	12,4	1,5	14,7
<i>Pinus sylvestris</i>	–	10,0	0,8	15,5	5,3	10,2	0,6	23,0
<i>Picea</i>	–	2,5	–	2,0	2,7	4,3	1,2	16,6
<i>Betula</i>	1,1	0,8	–	4,5	4,0	9,6	30,8	13,1
<i>Alnus</i>	–	–	–	0,5	–	–	7,7	5,0
<i>Betula sect. Nanae</i>	1,0	4,2	3,7	3,0	14,1	3,9	15,4	2,4
<i>Alnaster</i>	–	1,7	8,0	0,5	10,6	2,4	1,2	0,6
<i>Salix</i>	3,0	1,7	6,4	–	18,6	0,1	2,7	–
<i>Poaceae</i>	10,8	25,8	6,4	0,5	15,0	4,2	4,5	1,1
<i>Cyperacea</i> е	10,1	5,0	23,8	4,5	1,8	4,2	1,5	3,2
<i>Eryophoru m</i>	18,7	–	7,9	3,6	9,7	2,1	–	–
<i>Erica ceae</i>	11,3	1,7	6,7	4,5	2,7	0,7	0,3	1,1
<i>Artemisia</i>	–	3,3	–	1,0	5,7	–	0,3	0,3
<i>Varia</i>	1,0	4,1	2,4	0,5	2,9	4,2	1,8	2,3
<i>Bryales</i>	9,2	25,0	23,8	10,5	14,1	33,4	9,7	0,3
<i>Sphagnum sp.</i>	10,7	0,8	6,4	7,5	2,2	2,8	5,0	3,5
<i>Equisetum</i>	–	0,8	2,1	1,0	–	3,0	0,4	1,4
<i>Polypodiac eae</i>	–	–	–	3,0	1,8	–	5,9	0,6

В толще ледников и в снежном покрове преобладает легко переносимая по воздуху пыльца сосен [8,9,10]. Например, палиноспектры над куполом Вавилова [8] характеризуются преобладанием пыльцы древесных пород с участием пыльцы злаков, маревых полыни и розоцветных. На куполе Академии Наук

(о.Комсомолец) в снежном покрове также абсолютными доминантами являются легко переносимые ветром пыльцевые зерна сосны (40 экз./л) при максимальной концентрации достигая 97% от общего состава [9]. Во льду и снежном покрове ледников Полярного Урала также доминирует пыльца сосен *Pinus sylvestris* (26-36%), *P. sibirica* (9-16%) [5].

Заключение

Палинологический анализ пластовых залежей позволяет отнести изученную ледяную залежь к внутригрунтовым пластовым льдам. Очевидно, что залежь неоднородна. Отмечены существенные различия между отдельными элементами залежи. Так лед из вертикального штока характеризуется очень низкой концентрацией пыльцы и спор и обедненным составом, в то время как горизонтальные прослои содержат заметное количество пыльцы и спор (концентрация 300-350 экз./л). По структуре и содержанию отдельных компонентов палиноспектры из пластового льда в долине р. Еркутаяха близки к палиноспектрам из отложений пляжа Обской губы. Вероятно, пластовая залежь сформировалась как внутригрунтовая (автохтонная) гетерогенная пластовая залежь, согласно классификации Ю.К.Васильчука. Вначале сформировался горизонтальный пласт льда в результате инфильтрационно-сегрегационного льдовыделения при промерзании осушающегося пляжа. В результате дальнейшего промерзания под залежью сформировался замкнутый талик. Его дальнейшее промерзание привело к инъекции напорной воды вверх, образованию штока инъекционного льда и деформации вышележающей ранее горизонтальной ледяной залежи.

Автор благодарит профессора, действительного члена РАЕН Ю.К.Васильчука и ст.н.с. Н.А.Буданцеву за обсуждение и помощь

Библиография

1. Ребристая О. В., Хитун О. В. Флора центрального Ямала // Ботан. журн. 1998. Том 83, № 7. С. 37–52.
2. <http://www.activestudy.info/klimat-subarkticheskoy-tundry/>
3. Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К. Вариации $\delta^{18}\text{O}$, δD и содержание пыльцы и спор в автохтонной гетерогенной пластовой ледяной залежи на реке Еркутаяха на Южном Ямале // Доклады Российской Академии Наук. 2011 Том 438. №3. С. 400–405.
4. Astakhov V.I. Evidence of Late Pleistocene ice-damed lakes in West Siberia // Boreas. 2006. Vol. 35. N1. P. 607–621.
5. Васильчук А.К. Особенности формирования палиноспектров в криолитозоне России. М.: Изд-во Моск ун-та. 2005. 245 с.
6. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н., Папеш В., Подборный Е.Е., Сулержицкий Л.Д. Изотопно-кислородная и дейтериевая индикация генезиса пластовых льдов и их ^{14}C возраст, Бованенково, Центральный Ямал // Доклады Российской Академии Наук. 2009. Том 428. № 5. С. 675–681
7. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Палинологическая индикация неглетчерного происхождения пластовых льдов // Инженерная геология. 2010. №1. С. 24–38.
8. Andreev A.A., Nikolaev V.I., Bol'sheivanov D.Yu., Petrov V.N. Pollen and isotope investigations of an ice core from Vavilov Ice Cap, October Revolution Island, Severnaya Zemlya Archipelago, Russia // Géographie Physique et Quaternaire. 1997. Vol. 51. N3. P. 379–389.
9. Bourgeois J.C. Seasonal and annual variation of pollen content in the snow of a Canadian High Arctic ice cap // Boreas. 1990. Vol. 19. N4. P. 313–322.
10. Bourgeois J.C. Seasonal and interannual pollen variability in snow layers of arctic ice caps // Review of Palaeobotany and Palynology. 2000. Vol. 108. Iss. 1–2. P. 17–36.

11. Васильчук Ю.К. Классификация пластовых ледяных залежей // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире, 2012. Печатник Тюмень, Россия, том 3. С. 69-73

References (transliterated)

1. Rebristaya O. V., Khitun O. V. Flora tsentral'nogo Yamala // Botan. zhurn. 1998. Tom 83, № 7. S. 37–52.
2. <http://www.activestudy.info/klimat-subarkticheskoy-tundry/>
3. Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A., Vasil'chuk A.C. Variatsii $\delta^{18}\text{O}$, δD i sodержanie pyl'tsy i spor v avtokhtonnoi geterogennoi plastovoi ledyanoi zalezhi na reke Erkutayakha na Yuzhnom Yamale // Doklady Rossiiskoi Akademii Nauk. 2011 Tom 438. №3. S. 400–405.
4. Astakhov V.I. Evidence of Late Pleistocene ice-damed lakes in West Siberia // Boreas. 2006. Vol. 35. N1. P. 607–621.
5. Vasil'chuk A.C. Osobennosti formirovaniya palinospektrov v kriolitozone Rossii. M.: Izd-vo Mosk un-ta. 2005. 245 s.
6. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Budantseva N.A., Chizhova Ju.N., Papesch W., Podbornyi E.E., Sulerzhitskii L.D. Izotopno-kislorodnaya i deiterievaya indikatsiya genezisa plastovykh l'dov i ikh ^{14}C vozrast, Bovanenkovo, Tsentral'nyi Yamal // Doklady Rossiiskoi Akademii Nauk. 2009. Tom 428. № 5. S. 675–681
7. Vasil'chuk A.C., Vasil'chuk Yu.K. Palinologicheskaya indikatsiya negletchernogo proiskhozhdeniya plastovykh l'dov // Inzhenernaya geologiya. 2010. №1. S. 24–38.
8. Andreev A.A., Nikolaev V.I., Bol'sheyanov D.Yu., Petrov V.N. Pollen and isotope investigations of an ice core from Vavilov Ice Cap, October Revolution Island, Severnaya Zemlya Archipelago, Russia // Geographie Physique et Quaternaire. 1997. Vol. 51. N3. P. 379–389.
9. Bourgeois J.C. Seasonal and annual variation of pollen content in the snow of a Canadian High Arctic ice cap // Boreas. 1990. Vol. 19. N4. P. 313–322.
10. Bourgeois J.C. Seasonal and interannual pollen variability in snow layers of arctic ice caps // Review of Palaeobotany and Palynology. 2000. Vol. 108. Iss. 1–2. P. 17–36.
11. Vasil'chuk Yu.K. Klassifikatsiya plastovykh ledyanykh zalezhei // Desyataya Mezhdunarodnaya konferentsiya po merzlotovedeniyu (TICOP): Resursy i riski regionov s vechnoi merzlotoi v menyayushchemsya mire, 2012. Pechatnik Tyumen', Rossiya, tom 3. S. 69-73