

Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Палинологическая характеристика Матюйсалинского голоценового полигонально-жильного комплекса, север Гыданского полуострова // Арктика и Антарктика. — 2018. - № 2. - С.29-47. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.2.26725. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_26725.html

Vasil'chuk A.C., Vasil'chuk Yu.K. 2018. Pollen of the Matyuisale Holocene polygonal ice wedge complex, the north of the Gydan Peninsula. Arctic and Antarctic. No. 2. P. 29–47. 10.7256/2453-8922.2018.2.26725. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_26725.html

Палинологическая характеристика Матюйсалинского голоценового полигонально-жильного комплекса, север Гыданского полуострова

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

Васильчук Юрий Кириллович

доктор геолого-минералогических наук

профессор, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 2009

Vasil'chuk Yuriy Kirillovich

Doctor of Geology and Mineralogy

119991, Russia, g. Moscow, ul. Leninskie Gory, 1, of. 2009



✉ vasilch_geo@mail.ru

Аннотация.

Предметом исследования являются два разреза с сингенетическими повторно-жильными льдами близ факт. Матюйсале в устье р. Салемлекабтамбда, на полуострове Мамонта: голоценовый торфяник в обнажении 12–15-метровой морской террасы и голоценовый торфяник, вложенный в толщу лайды Карского моря. Общая видимая высота обнажения высокой террасы 6 м. Здесь сверху вскрыта супесь, которая на глубине 0,3 м подстилается слоистой торфяной толщей с супесью, мощностью около 5 м. Толща вмещает ледяные жилы, высотой более 4,5 м. Торфяник на лайде перекрыт слоем песка, толщиной 1 м. Мощность жил в разрезе лайды более 1,5 м. Основным методом исследования является палинологический анализ, выполненный параллельно в ледяных жилах и во вмещающем их торфе. Применены детальное радиоуглеродное датирование торфа и изотопно-кислородный анализ льда голоценовых жил. Обобщение палинологических и изотопных данных позволило реконструировать ландшафтно-климатическую обстановку в этом регионе. Установлено три этапа развития растительности и климата: относительно теплый и влажный этап с современной тундровой растительностью, этап холодного и сухого климата, характеризующийся усилением роли ксерофильной растительности, наиболее теплый этап, относящийся к началу предбореального периода голоцена, когда кустарники продвинулись максимально на север до 74° с.ш.

Ключевые слова: радиоуглеродный возраст, стадии развития растительности, голоцен, повторно-жильные льды, пыльцевые диаграммы, торфяник, изотопы кислорода, голоценовый оптимум, Матюйсале, Гыданский полуостров

DOI: 10.7256/2453-8922.2018.2.26725

Дата направления в редакцию:

19-07-2018

Дата рецензирования:

19-07-2018

Дата публикации:

28-07-2018

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №17-05-00794 и №18-05-60272 Арктика) и бюджетного финансирования Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Abstract.

The two outcrops of Holocene peat with ice wedges in the mouth of Salemlekabtambda River in the Mammoth Peninsula are the object of the study, such as Holocene peat in the laida of Kara Sea and the peat inset in the 15 m terrace. Ice wedges occur in the laida bog sediments, their height is about 1.5 m. The height of ice wedges in the terrace sediments is about 4.5 m. We studied pollen spectra both in the ice wedges and their host sediments and determined isotope composition of ice wedges. Series of ^{14}C ages have been obtained. The obtained isotopic and pollen data demonstrate that in the North of the Gydan Peninsula the Holocene optimum was the time of increase of climate continentality. Summer was warmer by 1-3°C than today, and winter was by 2-3°C colder. The intensity of frost cracking and ice wedge formation increased both in organic and mineral alluvial and alluvial-marine sediments.

Keywords:

Holocene optimum, oxygen isotope, radiocarbon age, stages of vegetation, Holocene, ice wedge, pollen plot, peat bog, Matyuisale, Gydan Peninsula

ВВЕДЕНИЕ

Фактория Матюйсале, расположенная в северной части полуострова Мамонта, является самым северным населенным пунктом Тазовского района, Ямало-Ненецкого автономного округа (рис. 1). Полуостров назван в 1922 году экспедицией на шхуне «Агнесса» по найденной здесь в 1866 году туше мамонта [\[1\]](#).

В геоморфологическом отношении на изученной территории выделяется несколько уровней (рис. 2). Это вторая терраса, высотой 12-15 м, первая терраса высотой 6-8 м и лайда. Полигональный рельеф отмечается на всех геоморфологических уровнях.

Территория характеризуется арктическим климатом. Средняя температура января составляет минус 26-30°C, а июля – плюс 4-8°C. В среднем количество осадков в год достигает 300 мм. Растительность относится к северной полосе арктических тундр [\[2\]](#). Растительность на изученной территории на дренированных участках представлена в основном растительными сообществами зеленомошно-дриадовых тундр (рис. 3, а, в). Зимой эти местообитания сильно промерзают из-за малого количества снега. Летом они хотя и прогреваются, но подвержены воздействию сильных ветров. Почвы представлены криогенно-глеевыми оторфованными подбурами. На плоских и слабо выпуклых участках с ухудшенным дренажем развиты осоково-гилокомиевые тундры. Почвы тундровые криогенно-глеевые торфяные.

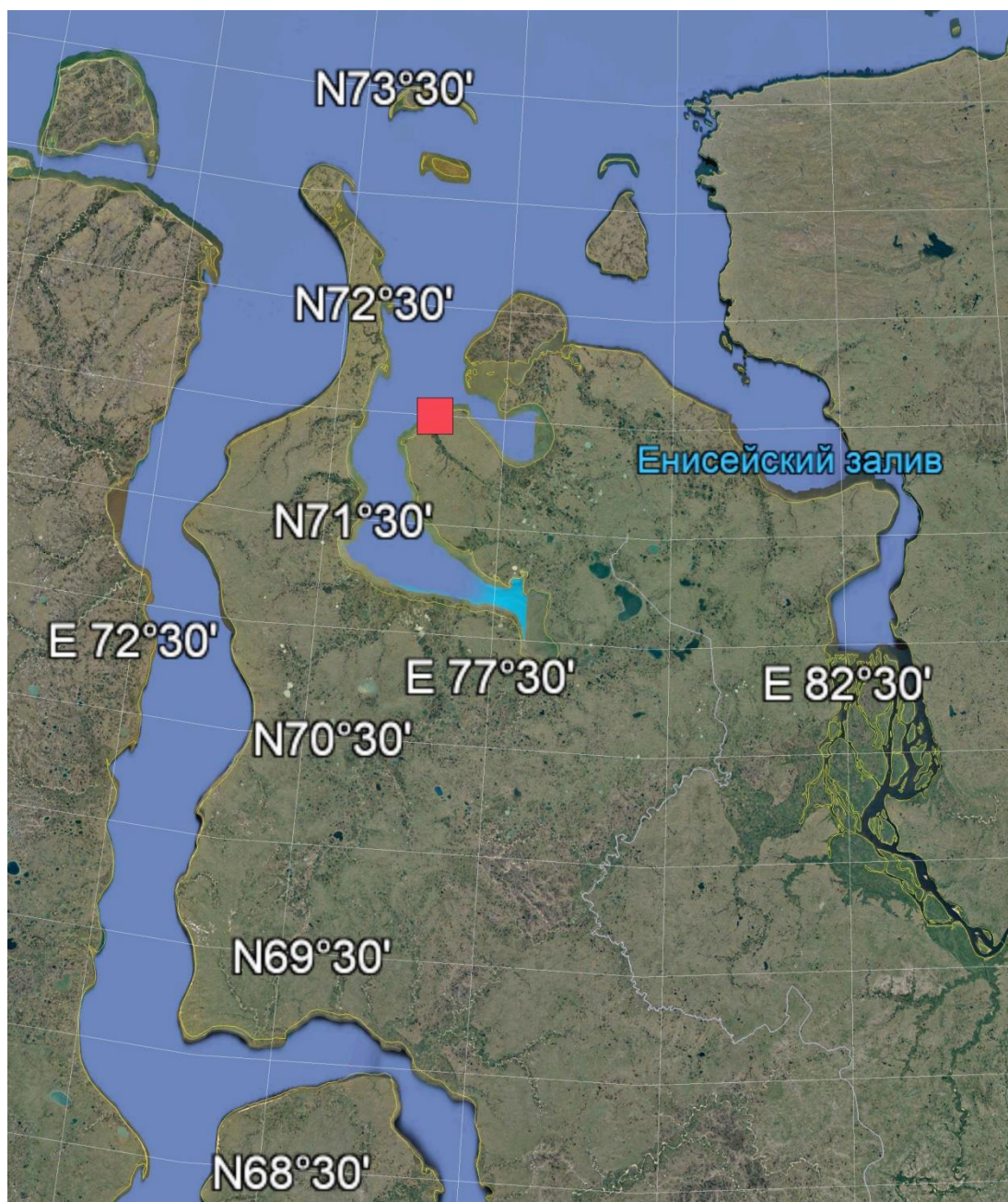


Рис. 1. Фактория Матюй Сале (красный квадрат) в устье р. Салемлекабтамбда (72°0'5" с.ш., 76°23'30" в.д.), на севере Гыданского полуострова

Основная цель исследования - реконструкция условий формирования отложений и повторно-жильных льдов на побережье полуострова Мамонта и оценка степени надежности проведенного радиоуглеродного датирования с использованием палинологических данных. Основные методы исследования разрезов палинологический, радиоуглеродный и изотопный. Всего по изученным разрезам получено 18 радиоуглеродных датировок, по разрезу 15-метровой террасы 12 дат, а по разрезу лайды 6 датировок (табл. 1)

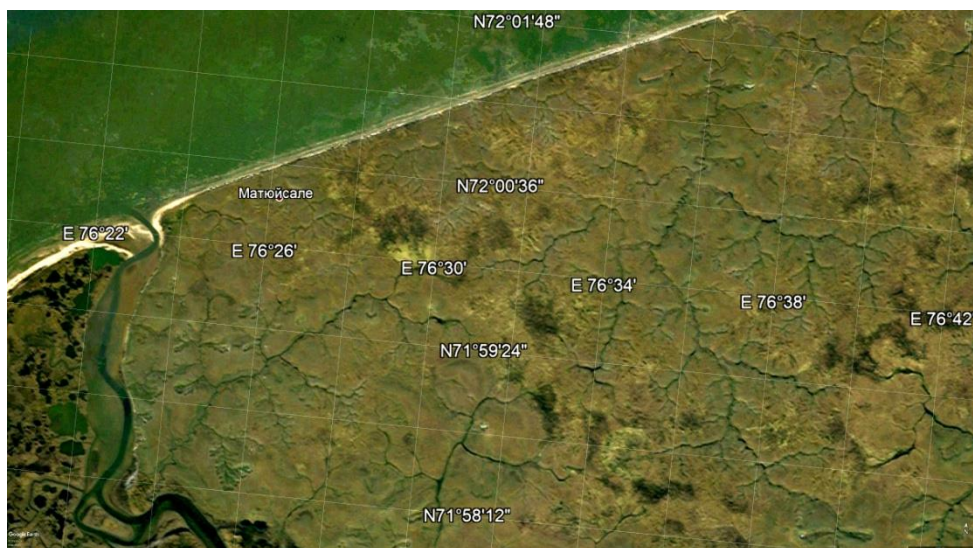


Рис. 2. Устье и пойма р. Салемлекабтамбда (76°22' в.д.), лайда Карского моря (вдоль берега от 76°22' в.д. до 76°32' в.д) и вторая терраса с мощным торфяником (вдоль берега восточнее 76°32' в.д)



Рис. 3. Характер растительности (а и в) в окрестностях фактории Матуй Сале и песчаный берег Карского моря (с полосой переотложенной органики - б) вдоль которого авторами были отобраны образцы для анализа субфоссильных спектров отложений пляжа. Фото И.А. Петлина

В обнажении 12–15-метровой морской террасы близ факта. Матюйсале в устье р. Салемлекабтамбда в верхней части разреза авторами описана озерно-болотная вкладка с мощными ледяными жилами [3, 4]. Общая видимая высота обнажения 6 м. Сверху-вниз вскрываются: супесь, мощностью 0,3 м; горизонтальное переслаивание торфа и супеси, мощность около 5 м: на 1 м разреза приходится около 20-25 прослоев торфа, мощность прослоев варьирует от 10-12 см до 0.5-1 см. Торф сравнительно слабо разложившийся с остатками мхов, трав и кустарничков. Толща вмещает ледяные жилы, высотой более 4,5 м и шириной вверху до 3,5 м (рис. 4).

Таблица 1. ^{14}C датировки в голоценовых отложениях, содержащих повторно-жильные льды в устье р. Салемлекабтамбда и на о. Свердруп

Номер образца	Лабораторный номер	^{14}C датировка	Калиброванный возраст, лет назад	Источник
<i>Торфяник на лайде, п-ов Мамонта</i>				
306-YuV/62	ГИН 3628	6210 ± 90	5371-4933	[4]
306-YuV/63	ГИН 3629	11880 ± 130	12089-11506	[4]
306-YuV/64	ГИН 3588	11400 ± 200	11751-10861	[4]
306-YuV/65	ГИН 3630	11670 ± 150	11851-11229	[4]
<i>Торфяник на 15-метровой террасе п-ов Мамонта</i>				
306- YuV/20	ГИН 3582	490 ± 100	1289-1635 (н.э.)	[4]
306- YuV/23	ГИН 3620	3230 ± 60	1658-1395	[4]
306-YuV/33	ГИН 3581	11070 ± 150	11255-10756	[4]
306-YuV/44	ГИН 3580	9570 ± 50	9176-8775	[4]
306- YuV/51	ГИН 3590	10230 ± 70	10427-9680	[4]
306- YuV/52	ГИН 3626	8630 ± 60	7811-7546	[4]
306-YuV/29	ГИН 3583	9940 ± 70	9755-9271	[4]
306-YuV/54	ГИН 3579	31800 ± 700	35887-32510	[4]
<i>Торфяник, о. Свердруп</i>				
-	ГИН 7627	9770 ± 280	10278-8354	[8]
	ГИН 7626	10490 ± 380	11143-9273	[8]
-	ГИН-7625	11640 ± 40	11622-11447	[8]

Палиноспектры датированных по радиоуглероду образцов (табл. 1) дают представление о характере растительного покрова и, косвенно, об условиях осадконакопления и степени надежности датировки. Степень надежности датировки оценивалась по содержанию переотложенных палиноморф, и степени сочетания экологически совместимых компонентов палиноспектров (рис. 5, а). палиноспектры повторно-жильных льдов дают представление о пыльце, представляющей региональный сигнал (рис. 5, б).

В самом верхнем образце 306-YuV/20 (глубина отбора 0,05 м), датированном 490 ± 100 лет (ГИН-3582), переотложенных доплейстоценовых форм не обнаружено (табл. 2). О прибрежно-морском генезисе, свидетельствует изобилие спикул губок. Здесь выделены типичные палиноспектры арктических тундр с низким содержанием пыльцы древесных (4%), преобладанием пыльцы карликовой березки (15%) в группе кустарников (16%) доминированием пыльцы трав (45%), отсутствием пыльцы верескоцветных. Среди спор (34%) основную роль играют споры зеленых мхов (16%). Датировка образца валидна, индикатором служит отсутствие переотложенных палиноморф и отсутствие экологически несовместимых компонентов в палиноспектре.



Рис. 4. Криогенное строение, радиоуглеродные датировки и схема опробования торфяника в верхней части разреза 12–15-метровой террасы близ факт. Матюйсале в устье р. Салемлекабтамбда, север полуострова Мамонта (по Vasil'chuk, Vasil'chuk [4]), расположенного в верхней части толщи второй морской террасы: 1 – песок; 2 – супесь; 3 – торф; 4 – вертикально-полосчатый лед сингенетических повторно-жильных льдов; 5 – лед пещерный в верхней части ледяных жил; 6 – точки отбора образцов из повторно-жильных льдов на палинологический и изотопный анализы; 7 – точки отбора образцов органики на радиоуглеродный анализ

На глубине 0,4 м залегает черный торф с большой примесью супеси (образец 306-YuV/23), он датирован 3230 ± 60 лет (ГИН-3620). Здесь отмечены диатомовые водоросли, относящиеся к родам *Navicula*, *Cymbella*, *Pinnularia* и др. Переотложенные формы (5%) представлены исключительно меловыми палиноморфами. Спорово-пыльцевые спектры из черного торфа интерпретируются как палиносспектры северной полосы гипоарктических мохово-лишайниковых тундр. Содержание пыльцы древесных не превышает 9%, кустарников, до 18%, трав и кустарничков около 52%, спор в среднем 20%.

Среди пыльцы трав и кустарничков преобладает пыльца *Supergraseae* с участием пыльцы *Ericales* (3%) и *Artemisia* sp. (3%). Среди пыльцы разнотравья особенно выделим присутствие пыльцы *Polygonaceae*, *Caryophyllaceae*. Представители этих семейств часто доминируют в пределах полигональных ландшафтов. Датировка этого образца близка к истинной, хотя, в силу наличия в большом количестве частиц угля размерности пыльцы и спор (в диапазоне 5-40 мкм), а также присутствия переотложенных форм, возможно, несколько удревнена. Споры представлены зелеными мхами, что подтверждается также составом торфа, состоящего в основном из остатков зеленых мхов.

Образец 306-YuV/33 с глубины 0,5 м датирован 11070 ± 150 лет (ГИН-3581). Содержание переотложенных палиноморф здесь составило 16%. В основном это плохо сохранившаяся пыльца хвойных, с участием пыльцевых зерен *Alnus*, *Ulmus*, *Picea*, *Quercus*, *Podocarpus*, *Tsuga*, а также *Anacolisidites*, *Gleichenidites*. По составу переотложенных палиноморф этот образец близок к образцу из Гыдинского разреза - 303-YuV /46, который датирован 14400 ± 160 лет. Условно синхронная осадку часть спектра представлена довольно разнообразным составом пыльцы древесных пород (9%), встречается пыльца *Pinus sylvestris* (2%), *P. sibirica* (1%), *Picea* sect. *Eupicea* (2%), *Betula* sect. *Albae* (4%).

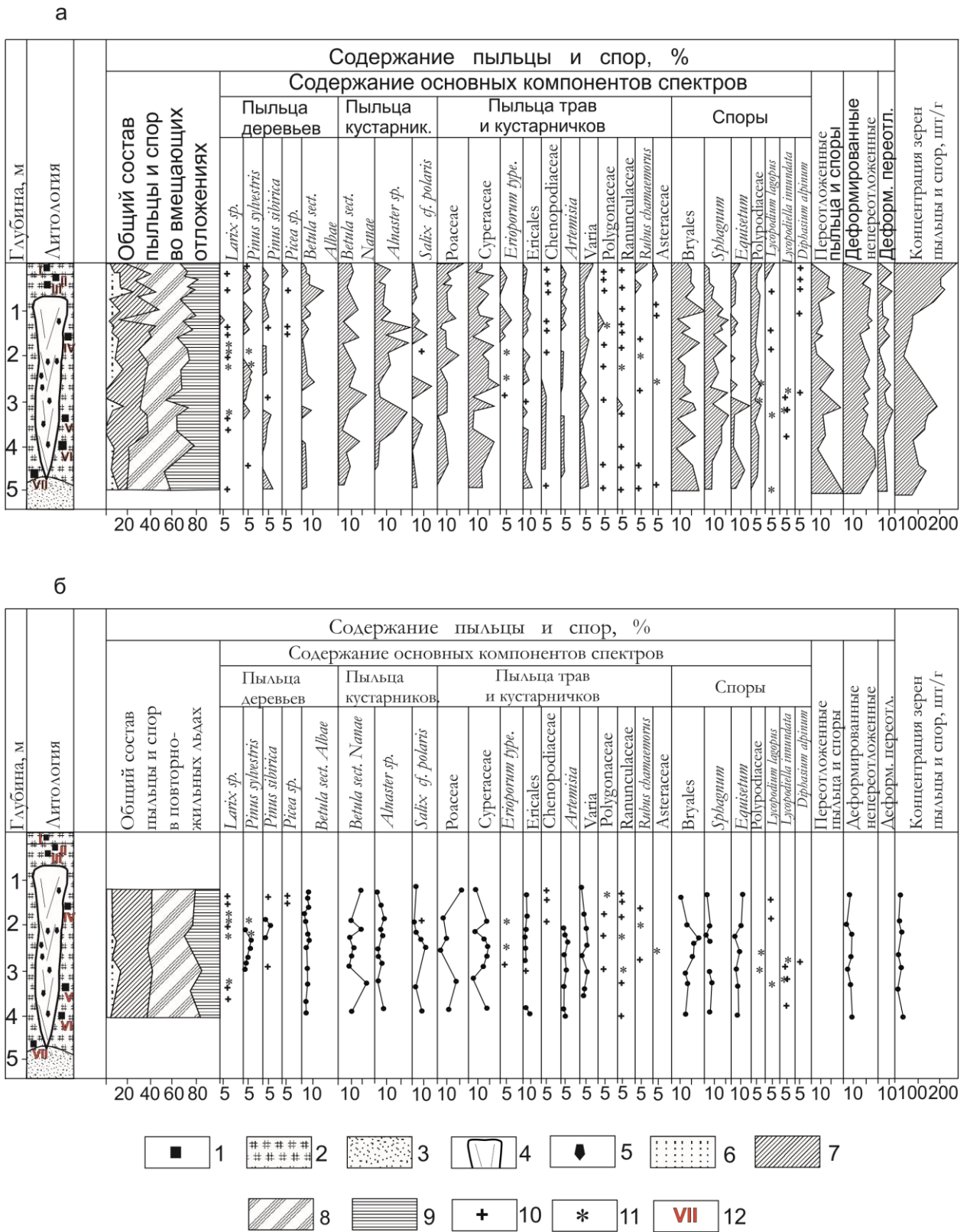


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма и ^{14}C датировки аллохтонного торфяника (а) и повторно-жильных льдов (б) у факт. Матюйсале, в устье р. Салемлекабтамбда, север полуострова Мамонта, расположенного в верхней части разреза 12–15-метровой террасы: 1 – точки отбора проб на радиоуглеродный анализ, 2 – торф с супесью; 3 – песок; 4 – вертикально-полосчатый лед сингенетических повторно-жильных льдов; 5 – точки отбора образцов из ледяных жил; 6 – пыльца деревьев, 7 – пыльца кустарников; 8 – пыльца трав и кустарничков; 9 – споры; 10 – содержание менее 1 %; 11 – единичное пыльцевое зерно; 12 – ^{14}C датировки

Таблица 2. Содержание пыльцы и спор в датированных по ¹⁴C образцах голоценового полигонального торфянике с мощными повторно-жильными льдами на второй морской террасе в устье р. Салемлекабтамба

номер образца	306- YuV/20 (I)	306- YuV/23 (II)	306-YuV/33 (III)	306- YuV/44 (IV)	306- YuV/51 (V)
Датировка	490 ± 100	3230 ± 60	11070 ± 150	9570 ± 50	10230 ± 70
Глубина, м	0.05	0.4	0.5	1.6	3.3
Пыльца деревьев	4	10	9	4	4
Пыльца кустарников	17	18	24	24	26
Пыльца трав и кустарничков	45	52	28	42	52
Споры	34	20	39	30	18
<i>Pinus sylvestris</i>	1	1	2	-	-
<i>Pinus sibirica</i>	1	-	1	1	1
<i>Picea</i>	1	-	2	-	-
<i>Betula</i>	1	9	4	3	3
<i>Betula sect. Nanae</i>	15	11	10	12	11
<i>Alnaster</i>	1	3	13	12	14
<i>Salix</i>	1	4	1	-	1
Poaceae	1	2	17	4	2
Cyperaceae	11	26	18	30	32
Ericaceae	-	3	1	3	8
<i>Artemisia</i>	1	2	2	1	5
<i>Varia</i>	15	4	4	4	5
<i>Bryales</i>	16	10	22	8	5
<i>Sphagnum sp.</i>	1	8	8	18	3
Polypodiaceae	9	1	2	1	5
<i>Lycopodium sp.</i>	1	-	6	1	3
<i>Equisetum sp.</i>	7	1	1	2	2
Экз./г	154	272	403	212	434
Переотложенные	-	5	16	3	11
Степень достоверности датировки	Достоверна	Удревнена	Удревнена	Условно достоверна	Условно достоверна

Продолжение таблицы 2

номер образца	306- YuV/52 (VI)	306-YuV/29 (VII)	306-YuV/54 (VIII)
Датировка	8630 ± 60	9940 ± 70	31800 ± 700
Глубина, м	3.5	4.1	4.5
Пыльца деревьев	1	3	2
Пыльца кустарников	38	13	17
Пыльца трав и кустарничков	21	60	33
Споры	40	24	48
<i>Pinus sylvestris</i>	1	-	1
<i>Pinus sibirica</i>	-	1	-
<i>Picea</i>	-	-	-
<i>Betula</i>	-	2	1
<i>Betula sect. Nanae</i>	30	7	12

номер образца	306- YuV/52 (VI)	306-YuV/29 (VII)	306-YuV/54 (VIII)
<i>Alnaster</i>	8	5	1
<i>Salix</i>	-	1	4
Poaceae	9	7	9
Cyperaceae	2	45	10
Ericaceae	-	1	3
<i>Artemisia</i>	8	6	8
<i>Varia</i>	2	1	3
Bryales	14	3	20
<i>Sphagnum sp.</i>	23	13	7
Polypodiaceae	1	6	8
<i>Lycopodium sp.</i>	1	-	-
<i>Equisetum sp.</i>	1	2	13
Экз/г	250	468	404
Переотложенные	10	8	8
Степень достоверности датировки	Условно достоверна	Условно достоверна	Удревнена ?

Среди пыльцы кустарников (24%) высоко содержание пыльцы *Alnaster sp.* (13%) и *Betula sect. Nanae* (10%). Пыльца трав и кустарничков (28%) представлена, в основном, пылью Cyperaceae и *Eriophorum* (18%), Poaceae (3%), встречена пыльца Ericaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Thalictrum sp.*, т.е. растения, относящиеся к тундровому биому. Хотя среди спор (39%) доминируют споры Bryales (21,5%), состав этой части спектра очень разнообразен. Сохранившийся периспорий у спор Polypodiaceae (5%) позволил сделать несколько видовых определений. Отмечено несколько разновидностей спор *Sphagnum* (8%) и споры *Equisetum sp.* (15%).

Этот торф, согласно палинологическому сигналу, содержит переотложенную органику и полученная датировка заметно древнее истинной. Наличие спор хвощей и пыльцы василистника свидетельствует в условиях открытого водоема периодически заливаемой поймы.

Образец 306-YuV/44 (торф коричневый), с глубины 1,6 м датирован 9570 ± 50 лет (ГИН-3580). Он содержит незначительное количество переотложенных (3%), состав, которых, тем не менее, разнороден. Встречены палеозойские и палеогеновые пыльца и споры. Среди пыльцы деревьев (4%) встречена пыльца *Pinus sibirica* (1%) и *Betula sect. Albae* (3%). Пыльца кустарников в равной пропорции представлена пылью *Betula sect. Nanae* (12%) и *Alnaster* (12%). Среди пыльцы трав и кустарничков (30%) доминирует Cyperaceae + *Eriophorum sp.* (30%), Poaceae (14%), отмечена пыльца Ericales (3%), *Artemisia* (1%), пыльца разнотравья составила 4%) Среди спор (24%) преобладают споры *Sphagnum* (13%), и Polypodiaceae (5%), встречены споры *Huperzia selago*. Этот слой торфа, вероятно, содержит переотложенную органику другой размерности, хотя содержание переотложенных пыльцы и спор невелико.

Образец 306 - YuV/51 с глубины 3,3 м, датирован 10230 ± 70 лет (ГИН-3590). Переотложенные палиноморфы содержатся в количестве 10%. Они представлены спорами *Azolla*, *Stenozonotriletes*, *Lygodium* и пылью Taxodiaceae, *Carya*, *Quercus*. Среди пыльцы деревьев (4%), отмечена пыльца *Pinus sibirica* (1%) и *Betula sect. Albae* (3%). Среди пыльцы кустарников преобладает пыльца *Alnaster sp.* (14%) и *Betula sect. Nanae* (11%). Среди пыльцы трав преобладает Cyperaceae (32%), роль пыльцы Poaceae снижена (2%), зато довольно высоко процентное содержание

пыльцы *Artemisia* (5%), *Ericales* (8%), *Varia* (5%). Датировка этого образца, скорее всего, удревнена.

Образец 306 - YuV/52 с глубины 3,5 м датирован 8630 ± 60 лет (ГИН -3626). Этот образец интересен тем, что отобран из норки грызуна, заполненной веточками, по которым и получена датировка. Здесь содержание переотложенных форм составило 10%. Большая часть - это плохо сохранившаяся пыльца хвойных, с участием палиноморф относящихся исключительно к позднемиоценовым и палеоценовым формам. Очевидно, наличие переотложенных палиноморф связано с поступлением материала со стенок норки. В части спектра, отнесенной к синхронной собственно норке, пыльца деревьев единична (*Pinus sylvestris* - 1%), пыльца кустарников составляет 38%, это пыльца *Betula sect. Nanae* (30%) и *Alnaster* sp. (7%), пыльца трав и кустарничков представлена в основном пылью Poaceae (9%), *Artemisia* (8%), Poaceae (2%), *Rubus chamaemorus* (1%), Ranunculaceae (1%). Среди спор преобладают споры *Sphagnum* sp. (23%) и Bryales (14%), единичны споры *Equisetum* и Polypodiaceae, а также споры *Lycopodiella innundata*. В естественных условиях ликопоидиелла заливаемая встречается на песчаных отмелях озер, а также по дну хасыреев на незадернованных и незаторфованных участках [5], что позволяет предположить, что грызун вырыл норку на незадернованном берегу озера.

Образец 306 - YuV/29 с глубины 4,1 м датирован 9940 ± 70 лет (ГИН-3583). Содержание переотложенных палиноморф 7%, они представлены мезозойскими формами, большая часть из которых совпадает с палиноморфами, определенными в образце 306 - YuV/52. Структура палиноспектра в общих чертах сходна с палиноспектром, определенным в образце 306 - YuV/52. Пыльца деревьев (3%) представлена единичными пыльцевыми зёрнами *Pinus sibirica* (1%) и *Betula sect. Albae* (2%). Пыльца кустарников составляет 16% (*Betula sect. Nanae* 7%, *Alnaster* sp. 5%). Среди пыльцы трав и кустарничков (60%) преобладает пыльца Cyperaceae (44%), Poaceae (7%), единична пыльца Apiaceae, Ericaceae и Caryophyllaceae. Споры (24%) представлены в основном *Sphagnum* (13%), Bryales (3%), Polypodiaceae (5%), единично встречены споры *Huperzia selago* и *Selaginella sibirica*. Датировка этого образца условно достоверна, но наш взгляд некоторое удревнение, весьма вероятно.

Образец 306 - YuV/54 из самого основания торфяника, с глубины 4,5 м, датирован 31800 ± 700 лет (ГИН-3579). Его палинологическая характеристика представляет особый интерес из-за значительно более древней датировки, свидетельствующей о том, что это сохранившийся при размыве фрагмент древнего торфяника, впоследствии перекрытый голоценовым торфом. Содержание переотложенных палиноморф 16%. Очень важно, что их состав не отличается от двух вышележащих образцов. Здесь много остатков диатомовых водорослей рода *Pinnularia* и *Eunotia*. Пыльца деревьев составила 2%. Это пыльца *Pinus sibirica* и *Betula sect. Albae*, среди пыльцы кустарников главную роль играет пыльца *Betula sect. Nanae* (12%) и *Salix* (4%), пыльца *Alnaster* sp. единична. Среди пыльцы трав Poaceae (9%) и Cyperaceae (10%) участвуют в примерно в равных количествах, встречена пыльца Ericaceae (2%), *Artemisia* (8%), а также Chenopodiaceae, Papaveraceae, Polygonaceae, Rosaceae. Споры (49%) представлены Bryales (20%), *Equisetum* sp. (13%), *Sphagnum* sp. (7%), Polypodiaceae (8%). Палиноспектры из этого образца характеризуются высокой концентрацией, хорошей сохранностью пыльцы и спор и разнообразным составом. Очевидно, основание торфяника сложено органическим материалом размыва позднплейстоценового торфяника. Это подтверждается палинологической характеристикой датированных образцов.

Палиноспектры повторно-жильных льдов по составу близки к палиноспектрам из вмещающих отложений. Пыльца и споры во льду имеют хорошую сохранность, переотложенные асинхронные палиноморфы отсутствуют. Это позволяет предположить, что палиноспектры вмещающих отложений отвечают составу локальной и региональной растительности.

Результаты изотопно-кислородного анализа льда самой крупной жилы позволили реконструировать колебания средних температур зимы в пределах 3–4°C [4]. Сочетание в одной и той же ледяной жиле изотопически более тяжелого и более легкого льда по сравнению с современным указывает не только на более мягкие зимние условия в оптимум голоцена (средние температуры зимы на 1–2°C выше современных), но и более суровые зимы (на 2–3°C ниже современных). И палинологические и изотопные данные указывают на климатические циклы длительностью около 1,5–2 тыс. лет в течение всего периода формирования ледяных жил. Основное накопление торфяника и одновременное формирование жил происходило, по-видимому, 7–6 тыс. лет назад, т.е. в голоценовый оптимум одновременно с жилами на р. Щучьей [6] в условиях быстрого накопления торфа с аллохтонной составляющей. Условно выделенные стадии зарастания торфяника, возможно, соответствуют периодам накопления автохтонных палиноспектров.

Сниженный фрагмент данной террасы был изучен по результатам бурения Н. Демидовым и А. Баранской с соавторами [9]. Высота террасы и глубина скважины 5 м. До глубины 3,3 м отложения террасы представлены переслаивающимися мелкими желтоватыми песками с массивной криотекстурой и пылеватыми оторфованными суглинками с сетчатой криотекстурой. В интервале 3,3–5 м залегают желтовато-коричневые пески оторфованные пески с субвертикальной неоднородностью, криотекстура массивная. Льдистость отложений 20–40 %. По результатам химического анализа отложений величина сухого остатка не превышает 0,03–0,12 % отложения незасоленные или слабозасоленные, отмечается увеличение концентрации солей с глубиной, тип засоления хлоридный. Отложения содержат до 0,5 % $C_{орг}$. На глубине 4,0 м растительные остатки датированы по ^{14}C 34300 лет. На глубине 4–4,5 м выделены единичные пресноводные диатомеи, встречающиеся как в пресноводных водоемах, так и на поверхности моховой подушки и во влажной почве: *Eunotia praerupta*, *Hantzschia amphioxys*. По всему разрезу скважины отмечаются обломки панцирей морских палеогеновых диатомей класса *Centricae* [9]. Очевидно, что водоем, в котором накопились отложения был пресноводным. Органика в основании разреза очевидно накопилась в результате размыва более древних отложений.

В другом разрезе близ фактории Матюйсале, в устье р. Салемлекабтамба, исследован голоценовый полигональный торфяник с ледяными жилами, вложенный в толщу лайды Карского моря (рис. 6). Ширина жил в верхней части достигает 1 м, мощность более 1,5 м. Торфяник на лайде перекрыт слоем песка, толщиной 1 м.

Данные радиоуглеродного датирования можно оценить на основании палинологической характеристики датированных образцов (табл. 3, рис. 7).

Образец 306-YuV/62 представлен черным торфом, отобранным на глубине 1,66 м, датирован 6210 ± 90 лет (ГИН-3628). Он характеризуется довольно высоким содержанием переотложенных заведомо доплейстоценовых форм (15%). Они представлены разнообразными палиноморфами в основном палеогенового возраста, с участием позднемиоценовых. Количественно преобладает неопределимая пыльца хвойных и пыльца палеогеновых видов *Quercus*. Содержание пыльцы древесных составляет 6%. Она представлена пылью *Pinus sibirica* (1%) и *P. sylvestris* (3%), *Betula sect. Albae* (3%). Пыльца кустарников составила 10%, при этом довольно высоко содержание пыльцы полярных видов ив (5%), пыльца *Betula sect. Nanae* составила 4%, *Alnaster* sp. 1%.

Среди пыльцы трав и кустарничков (54%) доминирует пыльца *Cyperaceae* (22%) и *Poaceae* (12%), очень разнообразен состав пыльцы *Varia* (16%), встречается пыльца *Myosotis* и, *Draba* sp., *Saxifragaceae*, *Polygonaceae*, *Ranunculaceae*, единично встречается пыльца *Artemisia*. Среди спор (30%) отмечается преобладание спор *Bryales* (17%), споры *Sphagnum* составляют 4%, *Equisetum* sp. 7%, совсем немного спор *Polypodiaceae* (2%). Датировка этого образца, вероятно, несколько удревнена, на это указывает палинологический сигнал высокое содержание переотложенных палиноморф.

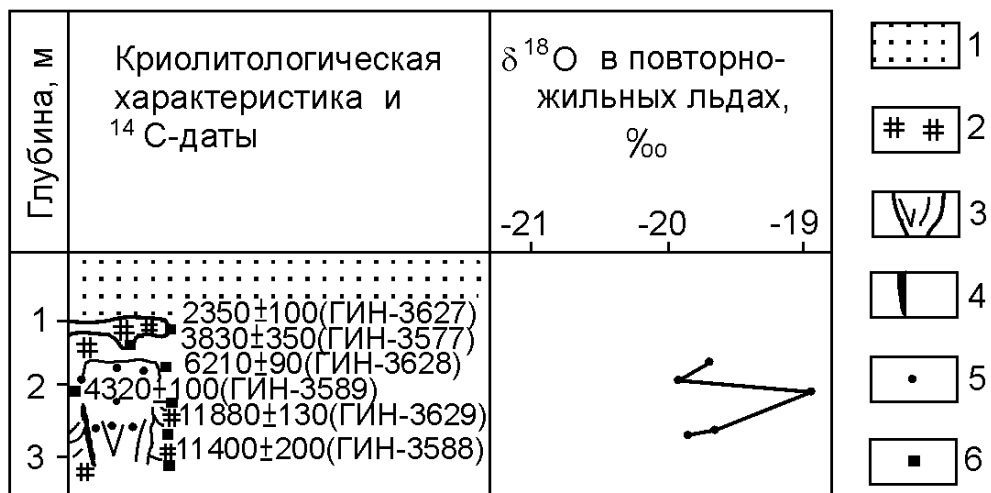


Рис. 6. Криогенное строение, радиоуглеродные датировки и схема опробования торфяника у факт. Матюйсале, в устье р. Салемлекабтамба, север полуострова Мамонта, расположенного на лаиде Карского моря (по Yu.Vasil'chuk, A.Vasil'chuk [31]): 1 – песок; 2 – торф; 3 – вертикально-полосчатый лед сингенетических повторно-жильных льдов; 4 – лед каймы; 5 – точки отбора образцов из повторно-жильных льдов на палинологический и изотопный анализы; 6 – точки отбора образцов на радиоуглеродный анализ из вмещающих отложений

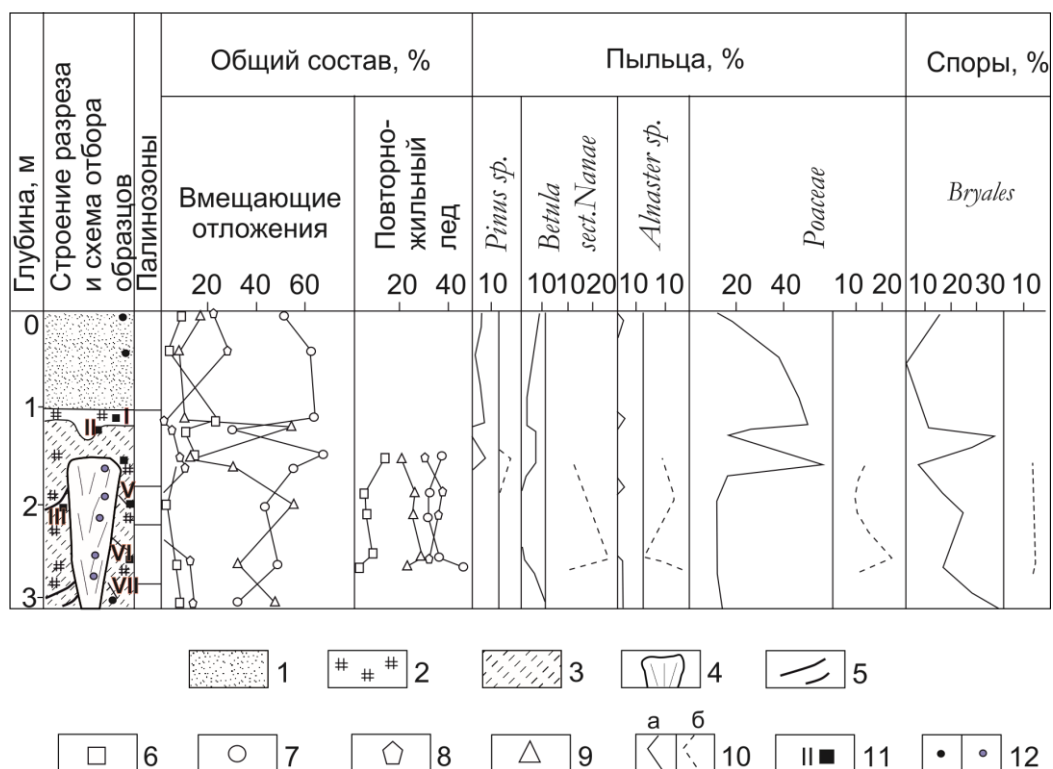


Рис. 7. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяника у факт. Матюйсале, в устье р. Салемлекабтамба, север полуострова Мамонта, расположенного на лаиде Карского моря: 1 – песок; 2 – торф; 3 – супесь; 4 – вертикально-полосчатый лед сингенетических повторно-жильных льдов; 5 – лед сегрегационный; 6 – пыльца деревьев; 7– пыльца трав и кустарничков 8 – пыльца кустарничков; 9 – споры; 10 – отдельные компоненты спектра: а – из вмещающих отложений, б – из повторно-жильных льдов; 11 – точки отбора образцов на радиоуглеродный анализ; 12 – отбор образцов на палинологический анализ: а – из вмещающих отложений, б – из повторно-жильных льдов

Образец 306-YuV/63, отобранный с глубины 2,07 м, датирован 11880 ± 130 лет (ГИН-3629). Он представлен сильно опесчаненным торфом. В этом образце концентрация пыльцы и спор очень низка, что обусловило незначительное разнообразие выделенных в палиноспектре форм. Переотложение составило 2%, это палеогеновые пыльца и споры. Пыльца деревьев единична, это *Pinus sibirica* (1%). Пыльца кустарников отсутствует полностью. Пыльца трав и кустарничков представлена в основном доминантами: Сугерасеае (30%), Роасеае (12%), Ericales (2%), *Artemisia* sp. (1%). Наиболее разнообразен состав спор (54%), споры Bryales составили 25%, *Sphagnum* sp. 4%, *Equisetum* 10%, Polypodiaceae 15%. Низкая концентрация пыльцы и спор даже при незначительном участии переотложенных палиноморф не позволяет адекватно оценить достоверность датировки.

Образец 306 - YuV/65 с глубины 3,0 м, датированный 11670 ± 150 лет (ГИН- 3630) представлен черным торфом. Содержание переотложенных палиноморф составило 9%. Среди них встречены формы палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Пыльца древесных пород (7%) представлена в основном пыльцой *Pinus sibirica* (6%) и *P. sylvestris* (1%). Пыльца кустарников (12%) представлена *Alnaster* (2%) и *Betula* sect. *Nanae* (10%). Состав пыльцы трав и кустарничков (33%) разнообразен, содержание пыльцы Сугерасеае составило 3%, Роасеае 14%, Varia 4%, Ericales 2%, *Artemisia* sp. 10%.

Споры составили 48%, из них большая часть — это споры Bryales (40%), *Sphagnum* sp. (3%), Polypodiaceae 3%. Датировка вероятно также получена по переотложенному материалу, палинологический сигнал дает основание предполагать, что часть плейстоценовых пыльцы и спор может быть переотложена.

Отметим, что палиноспектры изо льда лучше всего соответствуют палиноспектрам из прослая торфа и подстилающей супеси в интервале 1-2 м. В палиноспектрах повторно-жильных льдов лучше представлена пыльца кустарников, что свидетельствует в составе регионального весеннего пыльцевого дождя. Локальные компоненты во льду жил практически отсутствуют.

Строение лайды несколько восточнее от изученного разреза прослежено в скважине глубиной 8 м [9]. До глубины 2.1 м залегают серые супеси с прослоями торфа, мощность прослоев торфа достигает 0.1 м., криотекстура слоистая. В интервале 2.1-5.7 м прослой истончаются криотекстура массивная, отмечена горизонтальная слоистость, выраженная оттенками серого. В интервале 5.7-8.0 м суглинок серый криотекстура сетчатая. Авторы отмечают сильный запах органики и соленый вкус отложений, температура в забое составила -7°C . На глубине 0,7 м обнаружен богатый комплекс пресноводных бентосных диатомей, состоящий из родов *Navicula* (10 видов, в их числе *N. ignota*), *Nitzschia* (6 видов, в их числе *N. frustulum*), *Stauroneis* (6 видов, в их числе *S. venter*), *Pinnularia* (5 видов, в их числе *P. microstauron*), *Aulacoseira* (3 вида), *Caloneis* (2 вида), *Cymbella* (2 вида), *Eunotia* (2 вида: *E. arcus* и *E. praerupta*), *Luticula* (2 вида), *Stauroneis* (2 вида: *S. anceps* и *S. phoenicenteron*), *Denticula* (1 вид), *Epithemia* (1 вид – *E. turgida*), *Hantzschia* (1 вид – *H. amphioxys*), *Diploneis* (1 вид), *Neidium* (1 вид), *Amphora* (1 вид – *A. inariensis*), *Chamaepinnularia* (1 вид – *C. ignobilis*), отмечены также многочисленные цисты золотистых пресноводных водорослей [9]. Это свидетельство существования в недавнем прошлом мелководного водоема. По этой скважине получены две ^{14}C датировки: на глубине 6 м 17400 лет и на глубине 7,5 м 11800 лет. Результаты радиоуглеродного датирования соответствуют процессу накопления отложений в прибрежной зоне в непосредственной близости от размываемых более древних отложений [7], таким образом, полученная инверсия и удревленные датировки – это вполне закономерный результат. В скважине, пробуренной в тыловом шве лайды обнаружен криопэг на глубине 3,0 м. Размер линзы криопэга 25 x 50 м [9].

На аккумулятивных участках побережий, удалённых от абрадируемых берегов, доля переотложенного материала также может быть очень велика. Это подтвердили наши полевые исследования на пляже Карского моря в устье р. Салемлекабтамба на п-ове Мамонта. В пределах 300 м были отобраны 5 образцов донного материала из приливно-отливной зоны. Часть образцов представляла собой мелкий и тонкий песок, а часть была представлена крупным песком. Анализ пыльцы и спор в этих образцах продемонстрировал принципиальное различие палиноспектров [7]. Содержание пыльцы древесных пород в образцах крупного песка было заметно выше, чем в мелких, и даже превышало половину всего содержания пыльцы и спор в образце (рис. 8). Между тем район исследований располагается в зоне арктической тундры и до ближайшего дерева более 600 км. Очевидно, что существенная часть пыльцы деревьев вымыта из более древних отложений в результате термоабразии и является аллохтонной и естественно более древней, чем осадок. Сам факт обнаружения в современных и четвертичных отложениях мезозойской и палеозойской пыльцы, отмечавшейся всеми без исключения палинологами, изучавшими северный плейстоцен, также однозначно указывает на большую роль процесса переотложения органики в процессе синкриолитогенеза.

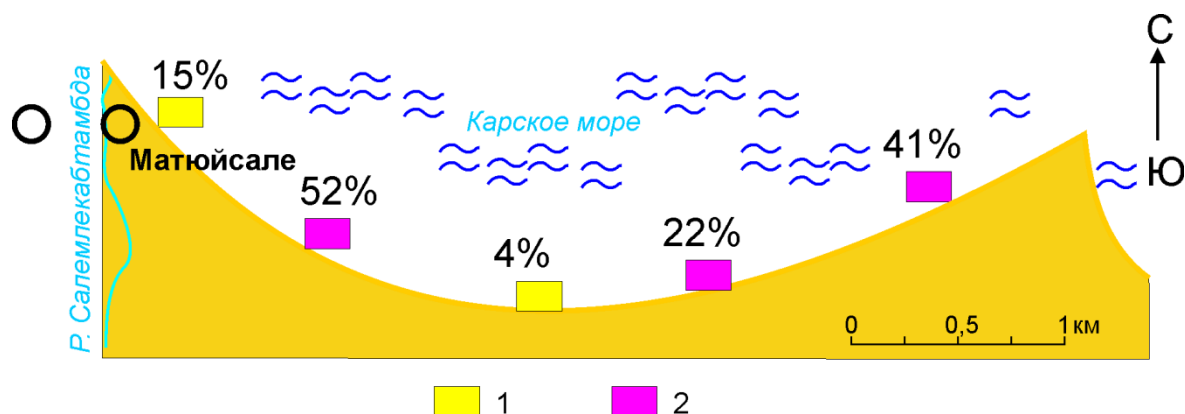


Рис. 8. Вариация пыльцы древесных (в % к общему составу спектра в песках вдоль пляжа Карского моря на расстоянии 300 м: 1 – песок мелкий; 2 – песок крупный (по Vasil'chuk, Vasil'chuk [7])

Толща черного торфа с веточками датируется от 11 до 12 тыс. лет, а возраст вышележащих осадков моложе 6 тыс. лет. Следовательно, ледяные жилы сформировались 11–6 тыс. лет назад. Полученные изотопные и палинологические данные демонстрируют, что на севере п-ова Мамонта первая половина голоцена была временем повышенной континентальности климата: лето в среднем на 1–3°C теплее современного, а зима – на 2–3°C холоднее [3]. На наш взгляд повторно-жильные льды сформировались здесь относительно быстро 1,5–2 тыс. лет – на спорово-пыльцевой и изотопной диаграммах отразился один цикл изменения как летних, так и зимних условий.

Палинологическая характеристика этого торфяника имеет заметное сходство с торфяником, описанным на о. Свердруп [8]. Сходны изменения региональных и дальнезаносных компонентов палиноспектров. (рис. 9).

Горизонт погребенного торфа с остатками карликовой березки залегает в интервале 0.3 - 0.9 м, его основание на глубине 0,8–0,9 м, датировано 11640 ± 40 лет назад (ГИН-7625). Основание торфяника, накопление которого на о. Свердруп, вероятно, можно отнести к периоду 9500–12000 лет назад, также характеризуется развитием разнотравно-злаковых группировок, но с характерной для позднего неоплейстоцена мозаичностью растительного покрова, об этом говорит разнообразный состав пыльцы трав *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Polygonum*, *Caryophyllaceae*, *Valeriana*, *Lycopodium alpinum*, *Huperzia selago*, *Bryales*.

Таблица 3. Содержание пыльцы и спор (%) в голоценовых отложениях ляды, содержащих повторно-жильные ляды в устье р. Салемлекабтамбда

Номер образца	306- YuV/62	306- YuV/63	306- YuV/64	306- YuV/65
Датировка	6210 ± 90	11880 ± 130	11400 ± 200	11670 ± 150
Глубина, м.	1,66	2,07	2,61	3,0
Пыльца деревьев	6	1	7	7
Пыльца кустарников	10	–	20	12
Пыльца трав и кустарничков	54	45	34	33
Споры	30	54	39	48
<i>Pinus sylvestris</i>	1	–	–	1
<i>Pinus sibirica</i>	3	1	3	6
<i>Picea</i>	–	–	–	–
<i>Betula</i>	2	–	4	–
<i>Betula sect. Nanae</i>	4	–	18	10
<i>Alnaster</i>	1	–	1	2
<i>Salix</i>	5	–	1	–
Роасеае	12	12	6	14
Сyperaceae	22	30	17	3
Ericaceae	2	2	–	2
<i>Artemisia</i>	1	1	–	–
Varia	16	–	7	4
Bryales	17	25	32	40
<i>Sphagnum sp.</i>	4	4	1	3
Polypodiaceae	2	15	–	3
<i>Lycopodium sp.</i>	–	–	5	–
<i>Equisetum sp.</i>	7	10	1	5
Экз./г	233	139	224	320
Переотложенные	15	2	9	9
Степень достоверности датировки	Условно достоверна	Условно достоверна	Недостоверна	Недостоверна

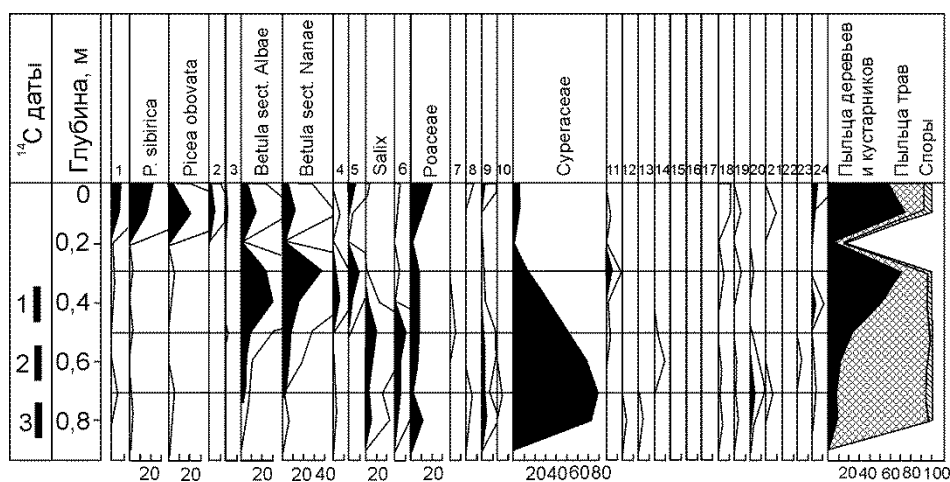


Рис. 9. Спорово-пыльцевая диаграмма погребенного торфяника на о. Свердруп (по П.Е.Тарасову и др. [81]). Доля таксонов с малым процентным содержанием дополнительно показана линиями с увеличением масштаба в 5 раз. Радиоуглеродные датировки: 1 – 9770 ± 280, 2 – 10490 ± 380, 11640 ± 40 лет. Остальные усл. обозн. см. [81]

К местным компонентам, относится пыльца *Salix*. Региональный пылевой дождь представлен *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Asteraceae*, *Betula sect. Nanae*, *Alnaster*. К дальнезаносной относится пыльца *Pinus sylvestris*, *P. sibirica*, *Picea obovata*, *Betula sect. Albae*.

Содержание пыльцы этих древесных пород в несколько раз меньше, чем в субфоссильных палиноспектрах арктических тундр. Смена локальных палиноспектров также предполагает смену фитоценозов тундровых лугов южной полосы арктических тундр на фитоценозы северной полосы гипоарктических тундр, которая сопровождалась интенсивным формированием повторно-жильного льда. Ледяная жила, вскрывающаяся в супесях непосредственно ниже торфяника на о. Свердруп, имеет поздненеоплейстоценовый возраст, что подтверждает и "легкий" ($\delta^{18}\text{O} = -24,9\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -188,8\text{‰}$) изотопный состав льда и радиоуглеродная датировка над повторно-жильным льдом.

Березка карликовая (*Betula sect. Nanae*), хотя и росла на поверхности торфяника (это подтверждается и находками макроостатков), но возможно совсем не производила пыльцы. Для горизонта торфа с глубины 0,55–0,66 м получена радиоуглеродная дата 10490 ± 380 лет (ГИН-7626). Усиление роли полынных и маревых группировок в растительности этого времени свидетельствует о существенном иссушении климата летнего сезона. Увеличение содержания пыльцы ив и берез *sect. Nanae*, находки их макроостатков в торфе позволяют говорить об усилении роли кустарниковых ценозов на поверхности торфяника, что также является свидетельством менее влажных условий по сравнению с аллерёдом.

Радиоуглеродная датировка слоя торфа на глубине 0,35–0,45 м – 9770 ± 280 лет (ГИН-7627) и дата – 10490 ± 380 лет, получена для вышележащих слоев. На о. Свердруп в это время существовала растительность, характерная для современных южных гипоарктических тундр. В составе фитоценозов принимали участие карликовая березка, верескоцветные, а, возможно, и ольховник, отсутствующие в современной флоре острова. Высокое содержание пыльцы древовидных берез в спектрах (в несколько раз большее, чем в поверхностном образце), свидетельствует о том, что отдельные островки березовых лесов встречались гораздо севернее современной зоны лесотундры в начале предбореального периода.

Образцы с глубины 10 см и с поверхности содержат пыльцу и споры, принадлежащие в основном дальнезаносным таксонам (*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Betula*, *Alnus*), а также региональным и локальным (*Poaceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Salix*, *Bryales*, *Sphagnum*). Состав пылевых спектров и соотношение пыльцы дальнезаносных и локальных видов является обычным для высокоширотной Арктики [10-13] и в достаточной мере отражает скудную растительность арктической пустыни.

Накопление торфа, начавшееся около 12 тыс. лет назад, в условиях глобального потепления климата, прекращается около 9,5 тыс. лет назад. Причиной этого, возможно, явилось некоторое повышение уровня моря, вызвавшее смену континентального климата морским и как следствие этого – сокращение вегетационного периода и значительное снижение летних температур, что отрицательно сказалось на составе флоры о. Свердруп, произошло исчезновение берез *sect. Nanae*, представителей *Ericales*, *Alnus fruticosa*. Растительный покров острова приобретает облик, характерный для современных арктических пустынь.

Обобщение палинологических и изотопных данных позволило реконструировать ландшафтно-климатическую обстановку в этом регионе. Установлено три этапа развития растительности и климата: относительно теплый и влажный этап с современной тундровой растительностью, этап холодного и сухого климата, характеризуемый усилением роли ксерофильной растительности, наиболее теплый этап, относящийся к началу предбореального периода голоцена, когда кустарники

продвинулись максимально на север до 74° с.ш. По результатам анализа радиоуглеродных датировок отметим, что осадконакопление в районе современного побережья полуострова Мамонта происходило примерно по одному сценарию. В основании лежит торфяник, накопившийся на лайде 11-12 тыс. лет назад, и на террасе 32-35 тыс. лет назад. При этом на лайде торфяник был погребен осадками мелководного пресноводного водоема, о чем свидетельствуют находки пресноводных диатомей в верхней части разреза.

Таким образом, раннепредбореальное потепление проявилось на арктическом побережье как термический оптимум в условиях еще континентального климата, хотя и значительно менее сурового, чем в позднеледниковое время. Все последующие голоценовые потепления происходили уже в условиях морского типа климата, благодаря сглаживающему влиянию холодных вод Северного Ледовитого океана. Даже максимальное потепление 4,5-6 тыс. лет назад, проявившееся как климатический оптимум во многих регионах Северного полушария [14], оказало меньшее воздействие на природу Арктики.

Раннеголоценовый климатический оптимум в высоких широтах Арктики отмечают многие исследователи [13-18]. Главной причиной того, что это потепление оказалось максимальным для современных приморских и островных районов Арктики, возможно является быстрое повышение уровня Мирового океана к началу бореального периода и, как следствие, превращение районов с резко континентальным климатом в островные и приморские территории с соответствующими климатическими условиями.

Значения $\delta^{18}\text{O}$ в жильных льдах в толще лайды, сформировавшихся 11–6 тыс. лет назад варьируют от $-19,1$ до $-19,9\text{‰}$ (см. рис. 4), более тяжелый изотопный состав отмечен у льда сегрегационных шлиров, отходящих "веером" от жил в толщу торфа. В ледяной "кайме", в сложении которой участвует, по-видимому, и сегрегационный и повторно-жильный лед, значение $\delta^{18}\text{O} = -18,8 \text{‰}$.

Результаты изотопно-кислородного анализа льда самой крупной жилы из торфяника на второй террасе указывают на заметные колебания значений $\delta^{18}\text{O}$ во льду от $-20,1$ до $-16,2\text{‰}$ (см. рис. 6), т.е. диапазон составил около $3-4\text{‰}$, что соответствует изменениям средних температур зимы на $3-4^\circ\text{C}$. Сочетание в одной и той же ледяной жиле изотопически более тяжелого и более легкого льда по сравнению с современным указывает не только на более мягкие зимние условия в оптимум голоцена (средние температуры зимы на $1-2^\circ\text{C}$ выше современных), но и более суровые зимы (на $2-3^\circ\text{C}$ ниже современных).

Выводы

1. Приведенные изотопные и палинологические данные демонстрируют, что на севере Гыданского п-ова оптимум голоцена был временем повышенной континентальности климата: лето в среднем на $1-3^\circ\text{C}$ теплее современного, а зима – на $2-3^\circ\text{C}$ холоднее. Это, очевидно, и вызывало рост интенсивности морозобойного растрескивания и связанного с ним повторно-жильного льдообразования как в органогенных, так и в минеральных аллювиальных и аллювиально-морских толщах.

2. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что в накоплении голоценовых осадков на севере полуострова Мамонта существенную роль играли абразия более древних отложений и их вторичное переотложение и, соответственно, накопление более древнего органического материала в голоценовых осадках.

Библиография

1. Попов С.В., Троицкий В.А. Топонимика морей советской Арктики. Л.: Географическое общество СССР, 1972. 316 с.
2. <http://fb.ru/article/236553/surovyiy-gyidanskiy-poluostrov-foto-gde-nahoditsya->

- климат).
3. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C. Thick polygonal peatlands in continuous permafrost of West Siberia // *Earth's Cryosphere (Kriosfera Zemli)*. 2016. N4. P. 3–13.
 4. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C. Ice-wedge formation in Northern Asia during the Holocene // *Permafrost and Periglacial Processes*. 1995. Vol.6. N3. P. 273–279.
 5. Глазунов В.А. Распространение и охрана *Lycopodiella inundata* (L.) Holub (Lycopodiaceae) в Западной Сибири // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2015. Том 30.№ 2. С. 35–45
 6. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Jungner H., Geyh M., van der Plicht J., Sonninen E., Budantseva N.A. Southern limit of syngenetic ice-wedge formation during the Holocene climatic optimum in north-west Siberia // *Earth Cryosphere. Special Issue. Russian Academy of Sciences and Scott Polar Research Institute, University of Cambridge*. 2003. P. 19–31.
 7. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A. C. Validity of radiocarbon ages of Siberian yedoma // *GeoResJ*. 2017. Vol. 13. P. 83–95. doi.org/10.1016/j.grj.2017.02.004
 8. Тарасов П.Е., Андреев А.А., Романенко Ф.А., Сулержицкий Л.Д. Палиностратиграфия верхнечетвертичных отложений острова Свердруп (Карское море) // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 1995. Том 3. №2. С. 98–104.
 9. Демидов Н.Э., Баранская А.В., Дурденко Е.В., Занина, О.Г., Караевская Е.С., Пушина З.В., Ривкина Е.М., Спирина Е.В., Спенсер Р. Биогеохимия мерзлых толщ арктического побережья полуострова Гыдан // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2016. Том 109. №3. С. 34–49.
 10. de Klerk P., Teltewskoi A., Theuerkauf M., Joosten H. Vegetation patterns, pollen deposition and distribution of non-pollen palynomorphs in an ice-wedge polygon near Kytalyk (NE Siberia), with some remarks on Arctic pollen morphology // *Polar Biology*. 2014. Vol. 37. Iss. 10. P. 1393–1412
 11. Robinson, S.V.J., Henry G. H.R. High Arctic plants show independent responses to pollination and experimental warming // *Botany*. 2018. Vol. 96. Iss. 6. P. 385–396. doi.org/10.1139/cjb-2017-0200
 12. Andreev A.A., Peteet D.M., Tarasov P.E., Romanenko F.A., Filimonova L.V., Sulerzhitsky L.D. Late Pleistocene Interstadial Environment on Faddeyevskiy Island, East-Siberian Sea, Russia // *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2001. Vol. 30. P. 28–35.
 13. Andreev A.A., Siegert C., Klimanov V.A., Derevyagin A.Y., Shilova G.N., Melles M. Late Pleistocene and Holocene Vegetation and Climate on the Taimyr Lowland, Northern Siberia // *Quaternary Research*. 2002. Vol. 57. P. 138 – 150.
 14. Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. Опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата. М.: Наука. 1977. 198 с.
 15. Ложкин А.В. Границы Берингии в позднем плейстоцене и голоцене // *Четвертичная палеогеография Берингии*. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 2002. С. 4–12.
 16. Украинцева В.В. Новые палинологические и палеоботанические свидетельства раннеголоценового потепления климата в высоких широтах Арктики // *Ботанический журнал*. 1990. Т. 75. № 1. С. 70–73.
 17. Ritchie J.C., Swynar L.C., Spear R.W. Evidence from northwest Canada for early Holocene Milancovitch maximum // *Nature*. 1983. V. 305. № 5930. P. 126–128.
 18. Clague J.J. Mathews R.W. Early Holocene thermal maximum in western North America: new evidence from Castle Peak, British Columbia // *Geology*. 1989. V. 17. N36. P. 277–280.

References (transliterated)

1. Popov S.V., Troitskii V.A. *Toponimika morei sovetskoi Arktiki*. L: Geograficheskoe obshchestvo SSSR, 1972. 316 s.
2. <http://fb.ru/article/236553/surovyiy-gyidanskiy-poluostrov-foto-gde-nahoditsya-klimat>).

3. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C. Thick polygonal peatlands in continuous permafrost of West Siberia // *Earth's Cryosphere (Kriosfera Zemli)*. 2016. N4. P. 3–13.
4. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C. Ice-wedge formation in Northern Asia during the Holocene // *Permafrost and Periglacial Processes*. 1995. Vol.6. N3. P. 273–279.
5. Glazunov V.A. Rasprostranenie i okhrana *Lycopodiella inundata* (L.) Holub (*Lycopodiaceae*) v Zapadnoi Sibiri // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2015. Tom 30.№ 2. S. 35–45
6. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Jungner H., Geyh M., van der Plicht J., Sonninen E., Budantseva N.A. Southern limit of syngenetic ice-wedge formation during the Holocene climatic optimum in north-west Siberia // *Earth Cryosphere. Special Issue. Russian Academy of Sciences and Scott Polar Research Institute, University of Cambridge*. 2003. P. 19–31.
7. Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A. C. Validity of radiocarbon ages of Siberian yedoma // *GeoResJ*. 2017. Vol. 13. P. 83–95. doi.org/10.1016/j.grj.2017.02.004
8. Tarasov P.E., Andreev A.A., Romanenko F.A., Sulerzhitskii L.D. Palinostratigrafiya verkhnechetvertichnykh otlozhenii ostrova Sverdrup (Karskoe more) // *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*. 1995. Tom 3. №2. S. 98–104.
9. Demidov N.E., Baranskaya A.V., Durdenko E.V., Zanina, O.G., Karaevskaya E.S., Pushina Z.V., Rivkina E.M., Spirina E.V., Spenser R. Biogeokhimiya merzlykh tolshcharknicheskogo poberezh'ya poluostrova Gydan // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2016. Tom 109. №3. S. 34–49.
10. de Klerk P., Teltewskoi A., Theuerkauf M., Joosten H. Vegetation patterns, pollen deposition and distribution of non-pollen palynomorphs in an ice-wedge polygon near Kytalyk (NE Siberia), with some remarks on Arctic pollen morphology // *Polar Biology*. 2014. Vol. 37. Iss. 10. P. 1393–1412
11. Robinson, S.V.J., Henry G. H.R. High Arctic plants show independent responses to pollination and experimental warming // *Botany*. 2018. Vol. 96. Iss. 6. P. 385–396. doi.org/10.1139/cjb-2017-0200
12. Andreev A.A., Peteet D.M., Tarasov P.E., Romanenko F.A., Filimonova L.V., Sulerzhitsky L.D. Late Pleistocene Interstadial Environment on Faddeyevskiy Island, East-Siberian Sea, Russia // *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2001. Vol. 30. P. 28–35.
13. Andreev A.A., Siegert C., Klimanov V.A., Derevyagin A.Y., Shilova G.N., Melles M. Late Pleistocene and Holocene Vegetation and Climate on the Taimyr Lowland, Northern Siberia // *Quaternary Research*. 2002. Vol. 57. P. 138 – 150.
14. Khotinskii N.A. Golotsen severnoi Evrazii. Opyt transkontinental'noi korrelyatsii etapov razvitiya rastitel'nosti i klimata. M.: Nauka. 1977. 198 s.
15. Lozhkin A.V. Granitsy Beringii v pozdnem pleistotsene i golotsene // *Chetvertichnaya paleogeografiya Beringii*. Magadan: SVKNII DVO RAN. 2002. S. 4–12.
16. Ukraintseva V.V. Novye palinologicheskie i paleobotanicheskie svidetel'stva rannegolotsenovogo potepleniya klimata v vysokikh shirotakh Arktiki // *Botanicheskii zhurnal*. 1990. T. 75. № 1. S. 70–73.
17. Ritchie J.C., Cwynar L.C., Spear R.W. Evidence from northwest Canada for early Holocene Milancovitch maximum // *Nature*. 1983. V. 305. № 5930. P. 126–128.
18. Clague J.J. Mathews R.W. Early Holocene thermal maximum in western North America: new evidence from Castle Peak, British Columbia // *Geology*. 1989. V. 17. N36. P. 277–280.