

Субрецентные спорово-пыльцевые спектры и современная растительность дельты реки Лена, Российская Арктика

Е. А. РАШКЕ^{1,2}, Л. А. САВЕЛЬЕВА³

¹ *Институт им. Альфреда Вегенера, Гельмгольц центр полярных и морских исследований 14473, Потсдам, Телеграфенберг, А43
E-mail: elena.raschke@awi.de*

² *Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38*

³ *Санкт-Петербургский государственный университет 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9*

Статья поступила 22.10.2016

Принята к печати 28.01.2017

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты спорово-пыльцевого анализа 40 поверхностных проб, отобранных на разных геоморфологических уровнях (низкая и высокая поймы, поверхность и склоны террас, вершины островов-останцов и т. д.) в различных частях дельты р. Лена. Проведено сравнение полученных спорово-пыльцевых спектров (СПС) с составом современной растительности. Выявлена роль пыльцы дальнезаносной и растений локальных биоценозов в формировании субрецентных СПС. Установлено, что наиболее адекватно современную растительность отражают спектры проб, отобранные на высотах от 11 до 52 м над уровнем реки (над ур. р.). СПС остальных проб содержат до 40 % дальнезаносной пыльцы (в основном *Pinus s/g Haploxyton*), что приводит к значительному снижению доли локальной пыльцы. Полученные данные дают возможность повысить качество палеоклиматических реконструкций, проводимых для арктических регионов на основе палеопалинологических исследований.

Ключевые слова: поверхностные пробы, дальнезаносная пыльца, современная растительность, адекватность, дельта р. Лена.

На протяжении более 15 лет на севере Якутии проводятся российско-германские исследования, одной из важных целей которых является реконструкция палеорастительности и палеоклимата в этом регионе в голоцене и плейстоцене [Andreev et al., 2002; Schirrmeister et al., 2002; Ilyashuk et al., 2006; Andreev et al., 2011; Wetterrich et al., 2016;

и др.]. Основа таких реконструкций – данные спорово-пыльцевого анализа. Несмотря на эти исследования по-прежнему остается актуальным вопрос, до какой степени субрецентные СПС отражают современную растительность и, соответственно, как точно можно восстановить палеофлору. Особенно это касается зоны тундры, где велико учас-

тие дальнезаносной пыли, и распространение растительности сильно зависит от микро- и мезорельефа. Вопросам переноса пыли, особенностям формирования СПС и их корреляции с современной растительностью в арктических регионах посвящен целый ряд публикаций [Куприянова, 1951; Васьковский, 1957; Кренке, Федорова, 1961; Карташова, 1973; Саввинова, 1975; Александрова, 1977; Климанов, Андреев, 1992; Lozhkin et al., 2001; Руденко, 2005; Schofield et al., 2007; Salonen et al., 2012; и др.], однако для района дельты р. Лена такие работы немногочисленны. Так, до настоящих исследований в данном регионе уже проводилось изучение состава СПС в пылевых ловушках [Savelieva et al., 2000; Савельева и др., 2003], а также в поверхностном слое донных осадков шельфа моря Лаптевых [Naidina, Bauch, 1999; Найдина и др., 2000; Руденко и др., 2015]. И только в статье Л. А. Савельевой с соавт. [2010] для этого же района рассмотрены вопросы соотношения состава субрецент-

ных СПС с современной растительностью, но на примере лишь 10 поверхностных проб.

Таким образом, цель данной работы – получение количественной и качественной характеристики субрецентных СПС, выявление взаимосвязи между их составом и современной растительностью, а также выяснение роли в спектрах дальнезаносной пыли и пыли растений локальных биоценозов.

Полученный материал позволит пополнить региональную базу субрецентных СПС, выявить особенности их формирования в различных экологических условиях и составить надежную актуалистическую основу палеоклиматических реконструкций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследований охватывает преимущественно среднюю, южную и западную часть дельты р. Лена (рис. 1). Геоморфологически в дельте р. Лена выделяются эрозионные останцы, сложенные дочетвертичными

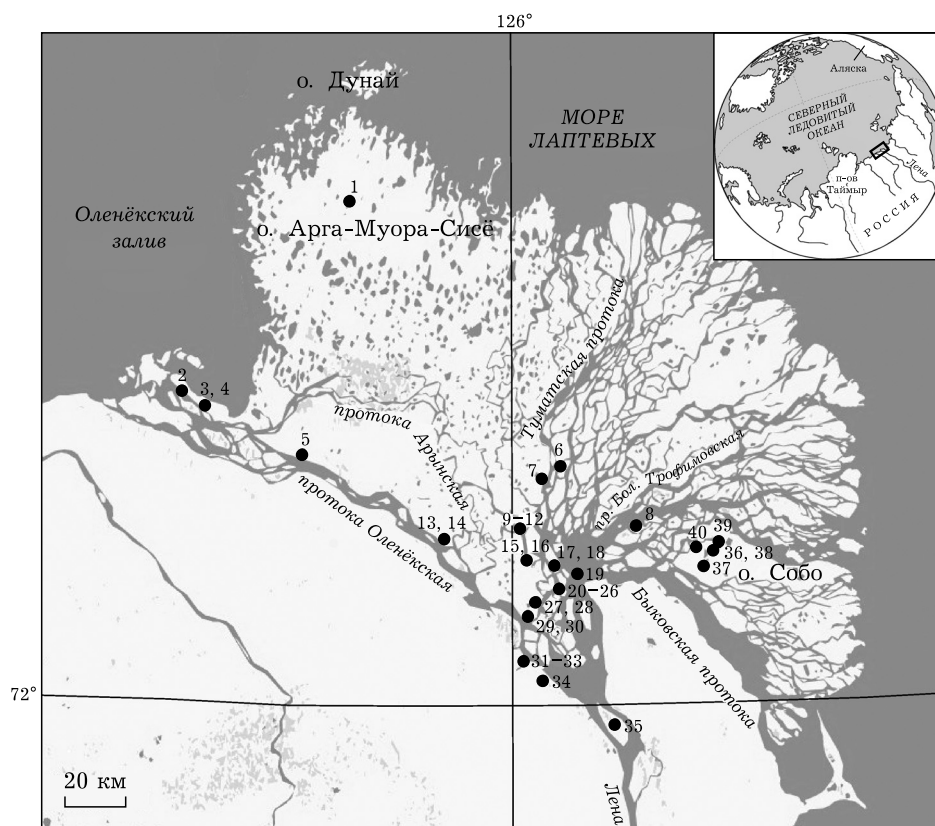


Рис. 1. Местоположение района исследования и точек отбора проб (номера точек соответствуют номерам в таблице)

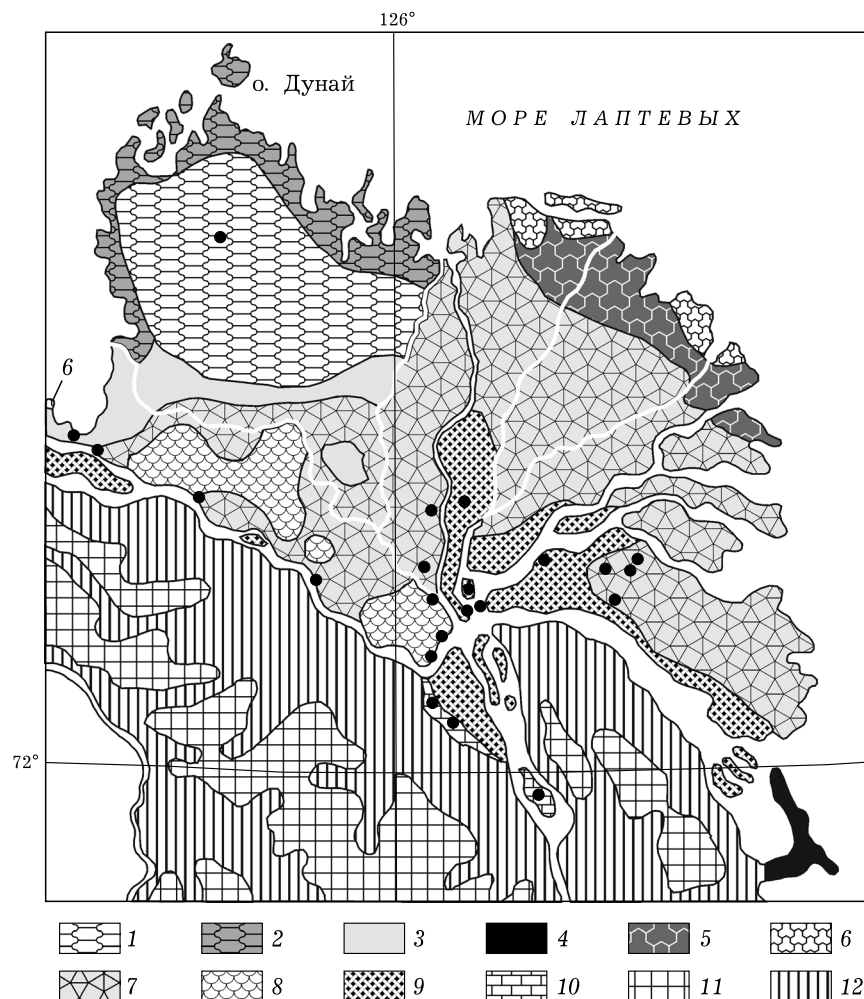


Рис. 2. Схематическая карта растительности дельты и низовий р. Лена (по: [Растительный и животный мир..., 1985] с изменениями). Точками показаны места отбора проб.

1 – тундры арктические травяные лишайниково-зеленомошные в сочетании с кустарничковыми лишайниково-зеленомошными пятнистыми; 2 – они же в сочетании с полигонально-валиковыми тундроболотными комплексами и приморскими лугами; 3 – тундры субарктические травяные лишайниково-зеленомошные в сочетании с травяно-кустарничковыми лишайниково-зеленомошными пятнистыми; 4 – тундры субарктические кустарничково-травяные зеленомошные в сочетании с тундроболотами; 5 – тундроболотные комплексы арктические полигонально-валиковые; 6 – они же в сочетании с приморскими лугами и травяными болотами; 7 – тундроболотные комплексы субарктические полигонально-валиковые в сочетании с ивняками, травяными болотами и пойменными хвощево-злаковыми лугами; 8 – тундроболотные комплексы субарктические бугристо-мочажинные; 9 – разреженная растительность песчаных отмелей в сочетании с ивняками, травяными болотами и полигонально-валиковыми тундроболотными комплексами; 10 – лесотундровые лиственничные редколесья в сочетании с полигонально-валиковыми комплексами с ольховником на валиках и разреженной растительностью песков; 11 – тундры горные разнотравно-дриадовые и лишайниковые щепнистые в сочетании с каменистыми пустынями; 12 – тундры горные травяные

породами (более 60 м над ур. м.), три террасы (первая надпойменная – до 11–12 м над меженным уровнем реки (м над ур. р.), вторая – 11–30 м над ур. р., третья – 30–60 м над ур. р.), низкая (1,5–2 м над ур. р.) и высокая (7 м над ур. р.) поймы [Schneider et al., 2009; Большаянов и др., 2013a]. Северо-западный участок дельты р. Лена лежит в пре-

делах подзоны южных арктических тундр, основная территория – в подзоне северных субарктических тундр, которая по Туматским протокам доходит до морского побережья (рис. 2) [Растительный и животный мир..., 1985]. На о-ве Тиг-Ары сформирован самый северный в низовьях р. Лена крупный массив притундровых лиственничных редколе-

Точки отбора поверхностных проб с описанием растительности и геоморфологического положения

Номер пробы	Широта (с. ш.)	Долгота (в. д.)	Превышение над морским уровнем реки, м	Тип тундры	Проективное покрытие, %	Тип пробы	Основные растительные таксоны (в порядке уменьшения обильности)	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	73°29'39"	124°22'33"	9	Лишайниково-зеленомошная	80	Мох	Мхи, <i>Salix polaris</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> Honck., <i>Betula exilis</i>	О-в Арга-Муора-Сисё
2	72°57'16"	122°40'08"	2,5	Осоково-злаковая	80	Суглинистая почва	<i>Poa vivipara</i> (L.) Willd., <i>Salicagrostis</i> sp., <i>Carex maritima</i> Gunn., <i>Salix</i> sp., мхи, <i>Astragalus umbellatus</i> Bunge, <i>Luzula</i> sp.	Устье Оленекской протоки, левый берег, поверхность первой террасы
3	72°54'41"	122°57'02"	24	Кустарничково-моховая	100	Мох	Мхи, лишайники, <i>Salix pulchra</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. ssp. <i>stans</i> (Drejer) Hulten, Роосеае, <i>Saussurea tilesii</i> (Ledeb.) Ledeb.	Правый берег Оленекской протоки, ниже пос. Нагым, поверхность Ледового Комплекса (ЛК)
4	72°54'37"	122°56'57"	4	Кустарничково-осоково-моховая	100	То же	Мхи, лишайники, <i>Salix</i> sp., <i>Carex aquatilis</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Luzula confuse</i> Lindeb., <i>Lagotis minor</i> (Willd.) Standl., <i>Pedicularis rennellii</i> Hult., <i>Saussurea tilesii</i>	Правый берег Оленекской протоки, ниже пос. Нагым, поверхность первой террасы
5	72°46'38"	123°57'53"	20	Осоково-моховая	100	»	Мхи, <i>Salix reptans</i> , <i>S. nummularia</i> , <i>Carex maritima</i> , <i>C. aquatilis</i> , <i>Dryas punctata</i>	Правый берег Оленекской протоки, поверхность ЛК
6	72°37'22"	126°23'37"	13	Разнотравно-моховая	100	»	<i>Dryas punctata</i> , <i>Astragalus umbellatus</i> , <i>Callamagrostis holmii</i> Lange, <i>Saxifraga hirculus</i> L., <i>Pedicularis</i> sp., зеленые мхи (<i>Pleurozium shreberi</i> (Brid.) Mitt., <i>Meesia triquetra</i> (Richt.) Angstr., <i>Aulacomnium Schwaeagr.</i>)	О-в Сырдах-Арыта, на широком валике между полигонами, заполненными водой. Типичная полигональная тундра
7	72°37'0"	127°16'0"	10	Осоково-кустарничково-моховая	100	»	<i>Salix reticulata</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Carex bigelowii</i> Torr. ex Schwein., <i>Salix polaris</i> , <i>Astragalus umbellatus</i> , мхи	О-в Гоголевский, на широком слабовыпуклом валике между полигонами. Типичная полигональная тундра
8	72°34'0"	127°11'0"	36	Ивово-пушицево-моховая	100	»	Кочки: <i>Eriophorum</i> sp.; в понижениях: <i>Salix</i> sp., <i>Dryas punctata</i> , <i>Carex aquatilis</i> , <i>Salix nummularia</i> , мхи	О-в Сардах, высокая плоская поверхность острова, слегка заболоченная и кочковатая
9	72°33'01"	126°06'47"	7	Кустарничково-осоково-моховая	90	Суглинистая почва	<i>Carex</i> sp., <i>Salix bogaidensis</i> Trautv., <i>Salix reptans</i> , <i>Salix reticulata</i> , зеленые мхи	О-в От-Стан-Арыта, у подножия склона террасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	72°32'56"	126°07'33"	11	Кустарничково-моховая	100	Мох	<i>Hypnum splendens</i> (Hedw.) Schimp, <i>Salix reptans</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Saxifraga nelsoniana</i> D. Don, <i>Astragalus umbellatus</i> , <i>Dryas punctata</i>	О-в От-Стан-Арыга, поверхность террасы, широкий валик между полигонами
11	72°32'55"	126°06'40"	13	Осоково-моховая	100	То же	<i>Rubra rotundifolia</i> L., <i>Carex</i> sp., <i>Salix repens</i> , зеленые мхи (<i>Aulacomnium</i> , <i>Hypnum</i>)	О-в От-Стан-Арыга, зарастающий полигон
12	72°32'55"	126°06'40"	13	Мохово-кустарничковая	100	»	<i>Cassiope tetragona</i> , <i>Carex aquatilis</i> ssp. strans, зеленые мхи	О-в От-Стан-Арыга, в 5 м от № 11, на валике соседнего полигона
39	72°31'27"	128°01'42"	2	Кустарничково-моховая тундра	100	»	Мхи, <i>Equisetum arvense</i> L., <i>Equisetum</i> sp., <i>Eriophorum vaginatum</i> L., <i>Wilhelmsia physoides</i> (Fisch. ex Ser.) McNeill, <i>Saxifraga cernua</i> L.	О-в Собо-Сисё, низкая пойма небольшого ручья
40	72°31'10"	127°51'53"	6-7	Мохово-дриадовая	100	»	Мхи и лишайники, <i>Carex aquatilis</i> , <i>Salix reticulata</i> , <i>S. polaris</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Astragalus</i> sp., <i>Saussurea</i> sp., <i>Delphinium chamissonis</i> Pritz. ex Walp., <i>Luzula</i> sp., <i>Saxifraga nelsoniana</i> , <i>Poa</i> sp.	О-в Собо-Сисё, западная часть, алас, валик между полигонами
36	72°30'60"	128°00'30"	13	Кустарничково-моховая тундра	100	Суглинистая почва	<i>Poa</i> sp., <i>Trisetum</i> sp., <i>Alopecurus</i> sp., <i>Salix</i> sp., <i>Polygonum viviparum</i> L., <i>Polygonum bistorta</i> L., <i>Luzula</i> sp., <i>Saxifraga nelsoniana</i> , <i>Polemonium boreale</i> Adams, <i>Pedicularis</i> sp., <i>Stellaria</i> sp., <i>Valeriana</i> sp., <i>Saussurea</i> sp.	О-в Собо-Сисё, вершина пинго
38	72°30'22"	128°01'04"	6	Кочковатая кустарничково-моховая тундра	100	Мох	Мхи, <i>Salix</i> sp., <i>Luzula sibirica</i> V. Krecz., <i>Ranunculus</i> sp., <i>Poa</i> sp., <i>Saxifraga nelsoniana</i>	О-в Собо-Сисё, восточная часть аласа, рядом с пинго
13	72°30'18"	125°17'41"	24	Мохово-осоково-дриадовая	80	Опесчаненная почва	<i>Dryas punctata</i> , <i>Salix nimmularia</i> , мхи, <i>Carex aquatilis</i> , <i>Luzula</i> sp., <i>Astragalus umbellatus</i> , <i>Paraper raicistamium</i> Tolm. & V.V. Petrovsky	О-в Джангылах Сисё, поверхность ЛК
14	72°29'54"	125°18'15"	11	Ивово-осоково-злаковая	70	Суглинистая почва	<i>Poa raicispicula</i> Scribn. et Merr., <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Equisetum arvense</i>	О-в Джангылах Сисё, высокая пойма
15	72°28'37"	126°16'45"	68	Мохово-дриадовая	90	Элювий	<i>Dryas punctata</i> , <i>Carex bigelowii</i> , <i>Artemisia frigata</i> , зеленые мхи и лишайники	Вершина горы Америка-Хая
16	72°28'30"	126°16'43"	15	Осоково-зелено-мошная	100	Мох	Зеленые мхи, <i>Carex aquatilis</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Salix</i> sp.	У подножия склона горы Америка-Хая, заболоченная поверхность

37	72°27'23"	127°53'06"	6	Моховая тундра	100	То же	Мхи, <i>Dryas punctata</i> , <i>Salix reticulata</i> , <i>Luzula</i> sp., <i>Polygonum viviparum</i>	О-в Собо-Сисё (южная часть), поверхность первой террасы
17	72°24'52"	126°28'08"	17	Мохово-кустарничковая	100	»	<i>Tofieldia coccinea</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Salix nymularia</i> , <i>Artemia maritima</i> , зеленые мхи (<i>Tomentarium nitens</i>) и лишайники	О-в Ырбалах-Арыта, на возвышенности, отделяющей два старичных русла
18	72°24'15"	126°28'53"	10	Ивовая	60	Суглинистая почва	<i>Salix reptans</i> , <i>Carex aquatilis</i> , <i>Equisetum</i> sp.	О-в Ырбалах-Арыта, ровная поверхность террасы
19	72°23'42"	126°39'37"	111	Мохово-дриадовая	80	Мох	<i>Dryas punctata</i> , зеленые мхи, <i>Salix nymularia</i> , <i>S. polaris</i> , <i>Astragalus alpinus</i> L., <i>Pedicularis</i> sp.	На вершине о-ва Столб, сложенного коренными породами
20	72°22'22"	126°30'07"	11	Осоково-моховая	100	Мох	Мхи (<i>Aulacomnium turgidum</i> (Wahlenb.) Schwagt., <i>Polytrichum</i> sp., <i>Dicranum</i> sp., <i>Pleurozium</i> sp.), лишайники, <i>Salix nymularia</i> , <i>Dryas punctata</i> , <i>Carex aquatilis</i> , <i>Luzula tundraicola</i> Gorodkov ex V. Vasil, <i>Astragalus umbellatus</i>	О-в Самойловский, центральная его часть, на валике между полигонами. Полигонально-валиковая тундра
21	72°22'57"	126°28'53"	5	Кочковатая кустарничково-осоково-моховая	95	Суглинок	<i>Salix reptans</i> , <i>Astragalus alpinus</i> L. subsp. <i>arcticus</i> (Bunge) Hult., <i>Equisetum arvense</i> L. ssp. <i>boreale</i> (Bong.) Tolm., мхи. Рядом растет <i>Alnus fruticosa</i>	О-в Самойловский, вблизи тылового шва высокой поймы на западном берегу острова. Поверхность кочковатая, среднеувлажненная
22	72°22'56"	126°29'01"	6	Кочковатая осоково-моховая	100	Мох	Зеленые мхи, <i>Equisetum variegatum</i> Schleich. ex Weber & Mohr, <i>Carex aquatilis</i> ssp. <i>stans</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Salix reptans</i>	О-в Самойловский, на площадке террасы, ближе к тыловому шву следующей террасы. Поверхность переувлажненная, кочковатая
23	72°22'42"	126°30'16"	11	Кустарничково-травяно-моховая	100	То же	<i>Carex</i> sp., <i>Puzosia rotundifolia</i> , <i>Cassiope tetragona</i> , <i>Dryas punctata</i> , зеленые мхи	О-в Самойловский, центральная часть острова, на валике между полигонами
24	72°22'10"	126°28'22"	8	Кустарничково-разнотравная	95	Песчаная почва	<i>Dryas punctata</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Oxytropis adamsiana</i> (Trautv.) Jurtzev, <i>Salix nymularia</i> , <i>Paraper paucistamium</i> , <i>Koeleria asiatica</i> Domin, <i>Draba</i> sp., <i>Artemisia borealis</i> Pall., <i>Castilleja caudata</i> (Pennell) Rebr., <i>Campylopus rotundifolius</i> L., <i>Stellaria crassifolia</i> Ehrh., <i>Tanacetum bipinnatum</i> (L.) Sch. Bip., <i>Calamagrostis holmii</i> , <i>Salix reptans</i> , <i>Rumex graminifolius</i> Lamb., <i>Alopecurus alpinus</i> R. Br.	О-в Самойловский, западный берег, периодически заливаемая площадка
25	72°22'10"	126°28'11"	5	Разнотравье	50	Аллювий	<i>Pleurozium shreberi</i> (Brid.) Mitt., <i>Salix reptans</i> , <i>Arctostaphylos alpina</i> (L.) Nied., <i>Astragalus alpinus</i> ssp. <i>arcticus</i> , <i>Equisetum arvense</i> ssp. <i>boreale</i>	О-в Самойловский, его восточная часть, на поверхности 10-метровой террасы, вблизи бровки. Поверхность кочковатая, умеренно влажная
26	72°22'01"	126°29'47"	10	Кочковатая мохово-кустарничковая	100	Песчаная почва		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	72°20'55"	126°18'53"	20	Кустарничково-пушицево-моховая	100	Мох	Зеленые мхи, <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Betula exilis</i> , <i>Salix pulhra</i> , <i>Polygonum viviparum</i>	О-в Курунгах, юго-восточная его часть, поверхность ЛК, недалеко от бровки. Поверхность довольно ровная, слегка кочковатая
28	72°19'46"	126°16'26"	49	Осоково-моховая	100	То же	<i>Carex</i> sp., <i>Somatum palustre</i> L., мхи	О-в Курунгах, поверхность ЛК, слегка заболоченная
29	72°19'39"	126°14'02"	44	Разнотравно-моховая	100	»	<i>Dryas punctata</i> , <i>Luzula nivalis</i> (Laest.) Spreng., <i>Minuartia arctica</i> (Stev. ex Ser.) Graebn., <i>Cassiope tetragona</i> , <i>Equisetum arvense</i> , мхи	О-в Курунгах, в долине ручья, поверхность кочковатая
30	72°19'0"	126°15'0"	52	Ивово-моховая	100	»	<i>Salix hastata</i> L., <i>Saxifraga nelsoniana</i> , Роасае, зеленые мхи	О-в Курунгах, поверхность ЛК, слегка кочковатая, сухо
31	72°09'50"	126°08'02"	23	Мохово-дриадовый покров с листовницей и ольховником	90	Суглинистая почва	<i>Dryas punctata</i> , зеленые мхи, <i>Vaccinium uliginosum</i> L. subsp. <i>microphyllum</i> Lange, <i>Juncus</i> sp., <i>Saxifraga</i> sp., <i>Larix sajanensis</i>	Булкурская протока, в долине ручья, впадающего в р. Лена, на склоне южной экспозиции, под листовницей (высотой 2-3 м)
32	72°09'50"	126°08'02"	23	То же	90	То же	<i>Dryas punctata</i> , зеленые мхи, <i>Vaccinium uliginosum</i> ssp. <i>microphyllum</i> , <i>Juncus</i> sp., <i>Saxifraga</i> sp., <i>Larix sajanensis</i>	Булкурская протока, в долине ручья, впадающего в р. Лена, на склоне южной экспозиции, под ольховником
33	72°09'49"	126°08'03"	25	Травяно-мохово-дриадовая с листовницей	100	Очес	<i>Dryas punctata</i> , зеленые мхи, <i>Tofieldia sibirica</i> Richards., <i>Stellaria</i> sp., <i>Juncus</i> sp., Роасае, <i>Saxifraga</i> sp., <i>Larix sajanensis</i>	Булкурская протока, в долине ручья, впадающего в р. Лена, на склоне северной экспозиции под листовницей (стеющая форма)
34	72°08'47"	126°14'49"	35	Мохово-дриадовая	70	Элювий	<i>Dryas punctata</i> , <i>Kobresia myosuroides</i> (Vill.) Friori, <i>Carex saxatilis</i> L., <i>Oxytropis nigrescens</i> (Pall.) Fisch.	Булкурская протока, левый берег, поверхность холма, сложенного коренными породами
35	71°58'05"	127°05'03"	37	Кочковатая кустарничково-моховая лесотундра	100	Мох	Мхи (<i>Pleurozium</i> sp., <i>Aulacomnium</i> sp.), <i>Betula exilis</i> , <i>Salix tumularia</i> , <i>Larix sajanensis</i> , <i>Empetrum subholarcticum</i> , <i>Calamagrostis holmii</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Rubus chamaemorus</i> L., лишайники	О-в Тит-Ары, поверхность четвертой террасы, край листовничного редколесья (высота <i>Larix</i> до 2 м)

сий в сочетании с полигонально-валиковой тундрой [Исаев и др., 2010]. К северу от него лиственница и ольховник встречены авторами в распадках долин небольших ручьев, прорезающих северные склоны кряжа Чекановского, прилегающие к дельте, а также на о-ве Самойловском¹ (одни из самых северных экземпляров в дельте р. Лена). В зависимости от экспозиции склонов, лиственница может достигать высоты нескольких метров, либо принимать стланиковую форму.

Всего в рамках российско-германских экспедиций “Лена-2009”, “Лена-2010”, “Лена-2011” и “Лена-2014” в дельту р. Лена отобрали 40 поверхностных проб (см. рис. 1). Образцы извлекали из разных геоморфологических уровней в различных частях дельты, поэтому они представлены разнообразными по литологическому составу отложениями (песками, суглинками и др.), а также моховой прослойкой (см. таблицу). Предварительно проводили геоботаническое описание растительности по шкале Гульта-Друде на площадках размером 1 × 1 м. Поверхностная проба размером 10 × 10 см и мощностью не более 3 см взята из центра площадки.

Выбор метода лабораторной обработки проб зависел от литологического состава образцов. Для органогенных отложений с большим количеством неразложившейся органики использовали щелочной метод Л. фон Поста, однако предварительно некоторые пробы еще дополнительно измельчались ножницами. Для минеральных отложений применяли сепарационный метод В. П. Гричука [Гричук, Заклинская, 1948].

При определении микрофоссилий использовали специальные атласы и определители [Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Moor, 1991; Савельева и др., 2013; и др.], а также эталонную коллекцию пыльцы арктических растений, приготовленную по материалам экспедиций и хранящуюся в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В. П. Кёппена (Köppen-Lab), СПбГУ.

При наличии достаточного количества пыльцы для статистической достоверности в

каждой пробе подсчитывалось не менее 150 пыльцевых зерен. Доля отдельных пыльцевых таксонов высчитывалась от общей суммы пыльцы древесных, кустарниковых и травянистых растений. Процентное содержание спор – от суммы пыльцы и спор, доля переотложенных дочетвертичных микрофоссилий – от суммы пыльцы и переотложенных микрофоссилий и т. д. Для подсчета процентных соотношений и построения спорово-пыльцевых диаграмм использован пакет программ Tilia/TiliaGraph/TGView [Grimm, 1991; 1999; 2004]. Редактирование диаграмм осуществлялось с использованием графического редактора CorelDraw.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные спорово-пыльцевого анализа отражены на диаграмме (рис. 3). Большая часть СПС характеризуются преобладанием пыльцы древесных и кустарниковых пород (*Pinus*, *Betula nana*-type, *Alnus fruticosa*), процентное содержание которых может достигать 89 % (например, в пробе № 14). Содержание пыльцы *Pinus s/g Haploxyylon* варьирует в пределах от 0 до 37 %. Пыльца *Pinus s/g Diploxyylon* и *Betula sect. Albae* также отмечена в нескольких пробах, ее содержание не превышает 10 и 13 % соответственно.

Пыльцевые зерна *Picea* присутствуют почти в каждой пробе, но их доля не превышает 5 %.

Единичные пыльцевые зерна лиственницы отмечаются во многих пробах, однако только в образцах № 31, 32, 33, 35, отобранных в непосредственной близости от произрастающих древесных и кустарниковых форм *Larix cajanderi* Mayr. (на левом берегу Булкурской протоки и о-ва Тит-Ары), ее участие составляет 4–10 %.

Пыльца таких широко распространенных в Субарктике видов кустарников, как *Betula exilis* Sukaczew и *Alnus fruticosa* Rupr.², встречается во всех пробах без исключения в количестве до 27 и 62 % соответственно. Однако процентное содержание пыльцы в СПС не всегда напрямую отражает обильность их произрастания в местах отбора проб.

¹ Стланиковая форма лиственницы высотой 5 см впервые обнаружена авторами в южной части о-ва Самойловский при описании растительности в 2010 г.

² Синонимы: *Alnaster fruticosus* (Rupr.) Ledeb., *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pousar., *Alnus alnobetula* subsp. *fruticosa* (Rupr.) Raus.

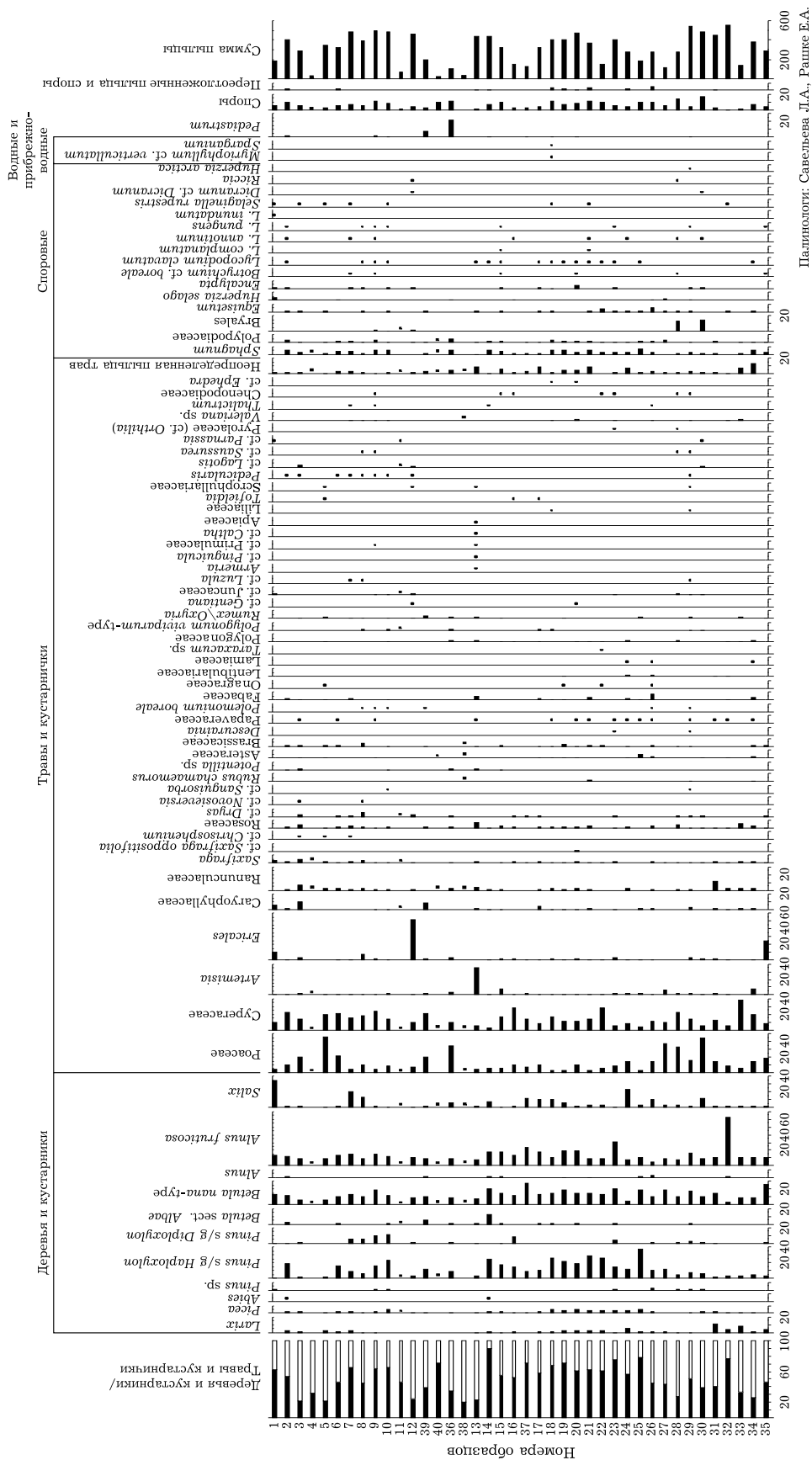


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма последовательности в широтной последовательности (от самого северного (наверху) до самого южного (внизу)). Точками показано присутствие таксонов в единичных количествах. Для проб № 4, 11, 38 и 40 процентные соотношения для отдельных таксонов не высчитывались ввиду очень низкого содержания микрофоссилий

Ива принимает значительное участие в растительности дельты р. Лена и представлена несколькими видами (*Salix glauca* L., *S. pulchra* Cham., *S. reptans* Rupr., *S. reticulata* L., *S. polaris* Wahlenb., *S. nummularia* Anderss. и др.), однако в СПС доля ее участия редко превышает 2 %. Только в нескольких пробах (№ 1, 7, 8, 17, 18, 24, 26, 30, 37, 40) она содержится в количествах от 7 до 34 %. Однако строгой корреляции между присутствием ивы в составе растительности и наличием ее пыльцы в спектрах не выявлено.

Пыльца представителей семейства Ericaceae встречается не во всех пробах, однако в № 12 и 35 ее доля достигает 52 и 24 % соответственно, что отражает присутствие *Cassiope tetragona* (Pall.) D. Don, *Empetrum subholarcticum* V. Vassil., *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Ledum palustre* L. в местах отбора этих проб. В образцах с площадок № 26, 29, 31 и 32, где представители данного семейства также отмечались, их пыльца составляет менее 3 %.

Участие трав семейств Poaceae и Cyperaceae, широко представленных как в растительности, так и в СПС (до 45 и 40 % соответственно), также не всегда адекватно отражено в спектрах. Так, процентное содержание пыльцы Poaceae иногда несколько завышено, а Cyperaceae, наоборот, занижено в сравнении с наличием в растительном покрове. При этом спектры пыльцы злаковых значительно варьируют от пробы к пробе, в то время как процентная доля пыльцы осоковых более постоянна и составляет в среднем 14 %.

Участие трав *Artemisia* L., Ranunculaceae и Caryophyllaceae в спектрах иногда завышено, в то время как другие представители цветковых растений (Polygonaceae, Scrophylariaceae, Liliaceae, Gentianaceae, Onagraceae), отмеченные на пробных площадках, в целом ряде случаев не находят в них отражения или представлены лишь единичными пыльцевыми зернами.

Наиболее постоянными представителями споровых растений в спектрах являются *Sphagnum* L. (до 7 %), Polypodiaceae (до 4 %), *Equisetum* L. (до 4 %) и *Encalypta* Hedw. (до 3 %).

Кроме того, в СПС семи проб (№ 2, 6, 18, 19, 21, 24, 26) обнаружены переотложен-

ные микрофоссилии в количестве от 1 до 6 %. Они представлены главным образом дочетвертичной пылью хвойных растений семейства Pinaceae и спорами. Большинство проб отобраны на площадках с превышением от 2,5 до 13 м над ур. р., за исключением пробы № 19 (вершина о-ва Столб, 111 м) и состоят в основном из суглинистой или песчаной почвы (№ 2, 18, 21, 24, 26).

Помимо пыльцы и спор в СПС присутствуют пресноводные зеленые водоросли *Pediastrum* Meyen, содержание которых варьирует от 1 (№ 2) до 22 % (№ 36).

ОБСУЖДЕНИЕ

Пыльца древесных и кустарниковых пород доминирует во многих СПС, поэтому остановимся на выяснении в них роли дальнезаносной и региональной пыльцы. К дальнезаносной мы относим пыльцу всех древесных пород (*Picea*, *Abies*, *Pinus* sp., *P. s/g Harploxylon*, *P. s/g Diploxylon*, *Betula* sect. *Albae*, *Alnus*), не встречающихся в дельте, а к региональной – пыльцу трав и кустарников, произрастающих здесь. Пыльцевые таксоны, отражающие растительность в радиусе 1 м от точки отбора пробы, относятся к локальным элементам СПС.

Значительное содержание *Pinus s/g Harploxylon* (20–37 %) отмечается в пробах № 2, 10, 14, 18, 21, 22, 25 и 40, большинство из которых отобраны на площадках с абсолютными отметками до 11 м. По-видимому, такое обилие пыльцы сосны в дельте р. Лена на низких геоморфологических уровнях, связано в основном с приносом ее водным потоком с юга на расстояние более 200 км, где проходит северная граница ареала этой древесной породы [Ареалы..., 1977]. Уровень воды в р. Лена во время паводков и половодья может подниматься до 10 м [Большаинов и др., 2013а]. Хорошим доказательством этому служит образец № 25, отобранный на пойме о-ва Самойловский с отметки 5 м над ур. р. и содержащий 37 % пыльцы *Pinus s/g Harploxylon*. Пробы № 15 и 19 также отличаются значительным (около 20 %) содержанием пыльцы сосны. Однако, учитывая высоту отбора проб (68 и 111 м над ур. м. соответственно), можно предположить только ветровой

занос пыльцевых зерен. В пользу этого фактора свидетельствует высокая доля пыльцы *Betula nana*-type и *Alnus fruticosa* в этих пробах, которая составляет по 20 %. Береза тощая и ольховник не произрастают в окрестностях отбора указанных проб, однако достаточно широко представлены в растительности дельты р. Лена на более низких высотных уровнях. Таким образом, СПС проб, отобранных на высотах более 60 м над ур. м., характеризуют локальную и региональную растительность со значительной примесью дальнезаносной пыльцы (~20 %).

Границы ареалов распространения *Pinus s/g Diploxylon* (*P. sylvestris* L.) и *Betula* sect. *Albae* (*B. pendula* Roth. + *B. pubescens* Ehrh.) проходят в 600–700 км от дельты р. Лена [Ареалы..., 1977]. Занос их пыльцы, по-видимому, осуществляется ветрами южных направлений, которые нередки в летний период [Savelieva et al., 2000] и водным потоком. В работе Л. В. Калугиной с соавт. [1979] отмечается, что пыльца древесных пород может переноситься на расстояние до 2 тыс. км от северных границ ареалов. Граница распространения *Picea obovata* Ledeb. лежит в 200 км к югу от дельты р. Лена [Ареалы..., 1977], однако участие ее пыльцы в формировании СПС незначительно, что объясняется более низкой способностью пыльцы ели к транспортировке по воздуху, по сравнению, например, с пылью *Pinus pumila* (Pall.) Regel [Федорова, 1952]. Минимальное содержание пыльцы *Picea* отмечено и в пыльцевых ловушках, установленных в дельте р. Лена [Savelieva et al., 2000]. По-видимому, основной занос пыльцы ели в дельту осуществляется водным путем.

Особое внимание в исследовании уделено проблеме сохранности в осадках и репрезентативности в СПС пыльцы лиственницы. В большинстве случаев ее доля не превышает 1–2 %. О неудовлетворительной сохранности пыльцы *Larix* Mill. и ее неспособности к дальней транспортировке упоминается в ряде работ [Шахова, Колпаков, 1966; Андерсон и др., 2002; Klemm et al., 2013; и др.]. Однако присутствие нескольких пыльцевых зерен лиственницы в пробе № 2 (на берегу Оленекской протоки), может объясняться только переносом ее пыльцы водными потоками на расстояние порядка 180 км.

Следует отметить, что СПС проб, отобранных в лиственничных редколесьях (№ 31–35) характеризуются не только значительным присутствием пыльцы *Larix*, но и достаточно низким содержанием пыльцы сосны (до 7 %). По-видимому, это связано как с геоморфологическими особенностями точек отбора проб (на северо-восточном склоне кряжа Чекановского (№ 31–34), защищенного от ветров южных направлений), так и с присутствием достаточно высоких деревьев и кустарников в непосредственной близости от пробных площадок № 31, 32, 33, 35. В этом случае пыльцевые спектры лучше отражают локальную растительность. Данное наблюдение хорошо согласуется с выводами А. К. Васильчук [2005] об увеличении доли региональной и дальнезаносной пыльцы в спектрах при продвижении от лесотундры к арктическим тундрам.

Несмотря на то, что в центральной части дельты Лены кустарниковая ольха (*Alnus fruticosa*) встречается только в виде одиночных экземпляров по оврагам, вдоль ручьев на склонах южной экспозиции, а севернее не отмечена в составе изученных местообитаний, ее пыльца играет в СПС значительную роль. Только в спектре, выделенном из образца, отобранного на площадке № 32, растительность которой представлена зарослями ольховника с высотой кустов до 3 м и диаметром стволов до 7 см, содержание пыльцы *Alnus fruticosa* (до 62 %) адекватно ее участию в составе локальной растительности. В остальных пробах можно говорить о фоновом содержании (10–15 %), которое отражает особенности растительности всей дельты, а не отдельно взятого участка. Аналогичная картина описана у Ю. П. Кожевникова [1995] для бассейна р. Чанталъвеергын (Чукотка), где отмечается обильное присутствие пыльцы *Alnus fruticosa* (до 70,9 %) в ольшаниках и значительное ее участие (до 19 %) в остальных пробах. Интересно отметить, что в пробе № 21, отобранной вблизи куста ольховника на высокой пойме (5 м над ур. р.), доля его пыльцы в СПС всего 9 %, что, вероятно, является следствием “разбавления” древесно-кустарниковой части СПС дальнезаносной пылью во время половодья.

Betula exilis представлена в растительности дельты более широко. В пробах, отобранных на площадках с присутствием березы

тощей (№ 1, 27 и 35), содержание пыльцы *Betula nana*-тюре в спектрах достигает 13, 19 и 26 % соответственно. Уменьшение ее процентной доли с продвижением на север мы связываем как с сокращением площадей ерников в этом направлении, так и с вероятным уменьшением пыльцевой продуктивности растений и преобладанием вегетативного размножения над половым в более суровых условиях арктических тундр, о чем подробно написано в работе Н. В. Василевской [2014]. Участие *Betula nana*-тюре в спектрах остальных проб в среднем тоже составляет 13 %, что не позволяет точно отделить местную пыльцу от региональной. На значительную роль дальнезаносной пыльцы карликовой березки указывает W. O. van der Кнаар [1987, 1990] для Шпицбергена и Дж. Клемм с соавт. [Klemm et al., 2013] для арктических регионов Сибири. По-видимому, ольховник, продуцирует намного больше пыльцы, чем береза, так как площадь его распространения в дельте намного меньше, а фоновые содержания примерно одинаковы у обоих видов. Следует также отметить, что ольховник – более высокое растение, чем береза тощая, и это, несомненно, тоже имеет значение для ветрового распространения его пыльцы.

Присутствие в некоторых спектрах пыльцы *Betula sect. Albae* авторы склонны объяснить ее привносом в осадки дельты водными потоками, поскольку пробы с ее наибольшим содержанием (№ 14, 39) отобраны на пойме. Однако не исключается неточность в определениях пыльцы, так как пыльцевые зерна березы тощей не всегда соответствуют *Betula nana*-тюре и могут ошибочно относиться к *Betula sect. Albae* [De Klerk et al., 2009, 2014, 2017].

В группе представителей локальной растительности дельты важным элементом является ива, пыльца которой, как, впрочем, и других представителей семейства Salicaceae, плохо сохраняется в процессе фоссилизации [Андерсон и др., 2002; Ложкин, 2002]. Ее содержание в изученных нами СПС, сильно занижено, что согласуется с данными пыльцевых ловушек из дельты р. Лена [Savelieva et al., 2000], а также с выводами других исследователей [Ложкин, 2002; De Klerk et al., 2009, 2014]. Даже при наличии одинакового видового разнообразия ив на разных проб-

ных площадках процентные содержания ее пыльцы очень различаются, что связано с двудомностью рода *Salix* [Van der Кнаар, 1990], т. е. с преобладанием на одной площадке либо только мужских, либо только женских растений. Таким образом, даже незначительная доля участия пыльцы *Salix* в СПС свидетельствует о присутствии ивы в составе растительности. Данное утверждение справедливо и в отношении пыльцы дриады, содержание которой в спектрах не превышает 4 %, тогда как в составе растительности *Dryas punctata* является одним из доминантов. Такое несоответствие, по-видимому, связано с энтомофильностью дриады. Данные о неадекватности ее отражения в СПС также получены при изучении поверхностных проб с п-ова Таймыр [Украинцева, Поспелов, 2006].

Пыльца Ericaceae служит хорошим индикатором локальных условий [Шахова, Колпаков, 1966; Pardoe, 1996; Андерсон и др., 2002; Ложкин, 2002]. Присутствие ее в СПС в значительном количестве (более 10 %) свидетельствует о произрастании представителей этого семейства вблизи точки отбора пробы, как, например, в образцах с площадок № 12 и 35 (см. таблицу).

Участие трав в составе растительности не всегда адекватно отражено в СПС. Пыльца многих из них встречается только единично или вовсе отсутствует (например, представителей родов *Lagotis*, *Pedicularis* L., *Gentiana* L., *Polygonum* L., *Luzula* DC., *Armeria* Willd. и др.), содержание одних видов, преимущественно энтомофильных, может оказаться занижено (например, представителей семейств Papaveraceae, Saxifragaceae, Rosaceae), а других, наоборот, несколько повышено (например, Poaceae, Asteraceae, Ranunculaceae). Наличие подобных несоответствий зафиксировано в статьях P. de Klerk et al., 2009, 2014], где приведено детальное сравнение между отдельными видами растений и СПС для полигональной тундры, и H. S. Pardoe [1996] для альпийского пояса гор в Норвегии. Одной из причин этого является разная пыльцевая продуктивность растений в Арктике, которой посвящен ряд публикаций [Шамурин, 1969; Тихменев, 1976, 1981; Васильчук, 2005; Василевская, 2014; и др.], а также преимущественно вегетативное раз-

множение растений на границах своих ареалов, различная устойчивость оболочки пыльцы к внешним воздействиям и условиям фоссилизации.

Споровые растения присутствуют в растительности дельты р. Лена постоянно, однако *Sphagnum* и Polypodiaceae, являющиеся непременными составляющими СПС, не встречены среди растительности на пробных площадках. Сфагновые мхи достаточно широко распространены на данной территории и поэтому их присутствие в спектрах вполне адекватно, хотя и отражает больше региональную растительность и заболоченность территории дельты в целом, а не отдельных локальных участков. Представители Polypodiaceae немногочисленны, поэтому процент их участия в СПС является несколько завышенным, впрочем, как и спор *Encalypta*. О возможном дальнем заносе спор *Sphagnum* и *Dryopteris* Adans. (Polypodiaceae) упоминается в статье W. O. van der Knaap [1987] и А. А. Андреева с соавт. [1997]. Различные виды спор плаунов (*Lycopodium* L.) единично зарегистрированы в поверхностных пробах, однако в дельте они не произрастают [Растительность и животный мир..., 1985], что свидетельствует об их заносе из более южных регионов. Хвощ (*Equisetum* L.), напротив, широко распространен на поймах, вблизи тыловых швов террас и в долинах небольших ручьев. Однако доля содержания его спор в СПС незначительна и не превышает 4 %. Зеленые мхи, являющиеся зачастую доминантами в растительном покрове, не находят адекватного отражения в спектрах, что отмечают и другие авторы [Андерсон и др., 2002; Ложкин, 2002; Украинцева, Поспелов, 2006].

СПС, выделенные из проб, взятых с площадок № 5, 13 и 14 неадекватно отражают растительность. Как следует из геоботанического описания площадки № 5, в ее составе доминируют зеленые мхи, ивы и осоки, однако в СПС наиболее значима доля пыльцы злаков. На площадке № 13 ведущая роль в составе растительности принадлежит *Dryas punctata* Juz., *Salix nummularia* и *Carex aquatilis* Wahlenb. ssp. *stans* (Drejer) Hulten, в то время как в СПС преобладает пыльца *Artemisia*. На площадке № 14 доминируют злаки,

пушица и хвощ, а в спектре – дальнезасоная и региональная пыльца *Pinus*, *Betula* и *Alnus fruticosa*. Отсутствие соответствия между растительностью и СПС отмечается в работах многих авторов [Шахова, Колпаков, 1966; Калугина и др., 1979; Van der Knaap, 1990; Кожевников, 1995; De Klerk et al., 2009] и объясняется оно воздействием водного и ветрового заноса, способом опыления растений, двудомностью и наличием живородящих растений, а также избирательным поеданием цветковых растений травоядными животными.

Наличие в СПС пыльцы и спор древних дочетвертичных растений в образцах с относительно низких отметок (от 2,5 до 5,0 м над ур. р.), связано, по мнению авторов, с процессами размыва более древних отложений и привносом их в современные осадки, преимущественно водным путем. Воздушный занос древних дочетвертичных микрофоссилий также не исключен и зафиксирован в образце № 19 на о-ве Столб, на высоте 111 м над ур. р.

Колонии пресноводных зеленых водорослей *Pediastrum* отмечены в образцах СПС с поверхности низкой и высокой поймы (№ 2, 9, 39) и вершины пинго, высотой ~13 м (№ 36). Обычно зеленые водоросли обнаруживаются в больших количествах в донных осадках многочисленных озер дельты р. Лена [Большиянов и др., 2013б; Biskaborn et al., 2013; и др.], однако некоторые виды могут встречаться в тундре и на заболоченных поверхностях [Jankovská, Komárek, 2000]. Присутствие *Pediastrum* в пойменных поверхностных пробах может объясняться их поступлением с речными водами во время половодья и с застаиванием воды. Обилие колоний этих водорослей на вершине пинго свидетельствует о сильной обводненности осадков и образовании благоприятной среды для их размножения.

Еще одной особенностью СПС дельты р. Лена является очень разная их насыщенность микрофоссилиями³, что установлено

³ Добавление спор-индикаторов для подсчета абсолютной концентрации микрофоссилий в каждом образце не проводилось, поэтому можно судить только об относительной насыщенности готовых препаратов пыльцой и спорами.

для многих арктических проб [Srodon, 1960; Калугина и др., 1979; Van der Кнаар, 1990; Васильчук, 2005; Украинцева, Поспелов, 2006].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее адекватно современную растительность дельты р. Лены отражают спектры проб, отобранные с площадок террас и поверхности ледового комплекса, расположенные на высотах от 11 м до 52 м над ур. р.

Спектры заливаемых в половодье участков дельты содержат очень большой процент дальнезаносной (до 40 %) и региональной (до 50 %) пыльцы, что приводит к сильному снижению участия локальных видов и искажению спектров. Это же характерно и для проб с поверхности останцов с абсолютными высотами более 68 м над ур. р.

Не установлено строгой закономерности в количестве пыльцы *Pinus s/g Haploxylo*n при продвижении от субарктических тундр к арктическим. Определяющим фактором ее наличия в СПС служит высотное положение точки отбора проб, а не широтное. Однако отмечается резкое сокращение пыльцы сосны (2–4 %) в лиственничных редколесьях в южной части дельты.

Содержание пыльцы *Larix* в СПС в количестве 4 % свидетельствует о присутствии лиственницы в непосредственной близости от точки отбора пробы. Однако единичные пыльцевые зерна могут переноситься водными потоками на расстояние порядка 180 км.

Пыльца *Betula nana*-type и *Alnus fruticosa* присутствует во всех СПС и составляет в среднем 10–15 %, что отражает региональный сигнал. При наличии ольховника в локальной растительности его пыльца в спектре может достигать 60 %. Для пыльцы березы тощей таких резких изменений не отмечено, что затрудняет отделение ее локальной пыльцы от региональной.

Представители семейств злаковых и осоковых являются доминантами, как в растительности всей дельты, так и в СПС, однако процентные соотношения Poaceae и Cyperaceae в СПС не всегда соответствуют доле их участия в локальных биоценозах, что отражает также значительный региональный занос.

Пыльца *Salix*, *Dryas* и большинства трав, представляющих локальный компонент, редко превышает в спектрах 5 %, что не отражает их действительного участия во флоре дельты.

Присутствие пыльцы *Salix* в спектрах даже в минимальных количествах (1–2 %) уже свидетельствует об участии ивы в составе локальной растительности.

При наличии 10 % и более пыльцы Ericaceae можно достаточно уверенно говорить о присутствии представителей этого семейства в растительности вблизи точки отбора пробы.

Участие мхов и хвощей (например, *Sphagnum*, Bryales, *Equisetum*) в СПС очень сильно занижено и достигает только 15 %, хотя в формировании растительного покрова они зачастую играют главную роль. Представители семейства Polypodiaceae редки в дельте, а Lycopodiaceae вообще не представлены в растительности, поэтому присутствие их спор в СПС может искажать видовой состав споровых. Это обстоятельство необходимо учитывать при интерпретации фоссильных спектров.

Наличие в СПС колоний пресноводных зеленых водорослей *Pediastrum* независимо от их количества отражает обводненность осадков в точках отбора этих проб.

В целом СПС отражают больше региональную растительность.

Авторы выражают глубокую благодарность организаторам и участникам совместных российско-германских экспедиций в дельту р. Лена, активно помогавшим в сборе материалов: Д. Ю. Большианову, А. С. Макарову, П. С. Вахрамеевой, В. Шнайдеру. Авторы также признательны сотрудникам лаборатории растительности Крайнего Севера Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН за помощь в проведении видовых определений растений.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова В. Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л.: Наука, 1977. 186 с.
Андерсон П. М., Ложкин А. В., Белая Б. В., Стеценко Т. В. Современные спорово-пыльцевые спектры горных районов рек Колыма и Индигирка по данным озерных осадков // Четвертичная палеогеография Берингии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. С. 28–39.

- Андреев А. А., Николаев В. И., Большианов Д. Ю., Петров В. Н. Результаты палинологических исследований ледяного ядра с ледникового купола Вавилова, Северная Земля // Мат-лы гляциологических исследований. 1997. Вып. 83. С. 112–120.
- Ареалы деревьев и кустарников СССР: в 3 т. / авт. сост. С. Я. Соколов, О. А. Связева, В. А. Кубли. Л.: Наука, 1977. Т. 1. 164 с.
- Большианов Д. Ю., Макаров А. С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013а. 268 с.
- Большианов Д. Ю., Савельева Л. А., Пестрякова Л. А., Вахрамеева П. С., Баранская А. В. Методика извлечения палеогеографической информации из донных отложений арктического озера Севастьян-Кюеле // Изв. РГО. 2013б. Т. 145, вып. 2. С. 49–65.
- Василевская Н. В. Экология растений Арктики: учеб. пособие. Мурманск: МГТУ, 2014. 184 с.
- Васильчук А. К. Региональная и дальнезаносящая пыльца в тундровых палиносpectрах // Изв. РАН. Сер. биологическая. 2005. № 1. С. 85–99 [Vasil'chuk A. C. Regional and extra-local pollen in tundra pollen samples // Biol. Bull. RAS. 2005. Vol. 32, N 1. P. 75–84].
- Васьковский А. П. Спорово-пыльцевые спектры современных растительных сообществ Крайнего Северо-Востока СССР и их значение для восстановления четвертичной растительности // Мат-лы по геол. и полезн. ископ. Северо-Востока СССР. Магадан, 1957. Вып. 2. С. 160–179.
- Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 160 с.
- Исаев А. П., Михалева Л. Г., Лыкина Л. П. Разнообразие тундровых сообществ острова Тит-Ары (Булунский район) // Заповедники Российской Арктики: проблемы и пути их решения: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию гос. природного заповедника "Усть-Ленский" (пос. Тикси, Республика Саха (Якутия)). 2010. С. 56–59.
- Калугина Л. В., Малаховский Д. Б., Макеев В. М., Сафронова И. Н. Некоторые результаты палинологических исследований на архипелаге Северная Земля в связи с вопросом о переносе пыльцы и спор в высокоширотной Арктике // Изв. ВГО. 1979. Т. 111, № 4. С. 330–334.
- Карташова Г. Г. Спорово-пыльцевые спектры современных отложений тундровой зоны Восточной Якутии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1973. № 5. С. 108–111.
- Климанов В. А., Андреев А. А. Корреляционный анализ современных спорово-пыльцевых спектров Якутии // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. № 5. С. 83–93.
- Кожевников Ю. П. О связи современной растительности и поверхностных спорово-пыльцевых спектров на Чукотке (бассейн реки Чантальвергын) // Ботан. журн. 1995. Т. 80, № 5. С. 74–88.
- Кренке А. Н., Федорова Р. В. Пыльца и споры на поверхности ледников Земли Франца-Иосифа // Мат-лы гляциологических исследований. 1961. Вып. 2. С. 57–60.
- Куприянова Л. А. Исследования пыльцы и спор с поверхности почвы из высокоширотных районов Арктики // Ботан. журн. 1951. Т. 36, № 3. С. 258–269.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Lamiales – Zygophyllaceae. Л.: Наука, 1978. 183 с.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 171 с.
- Ложкин А. В. Современный пыльцевой дождь в арктических районах Берингии и реконструкция растительности ледниковых интервалов плейстоцена // Четвертичная палеогеография Берингии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. С. 13–27.
- Найдина О. Д., Баух Х. А., Кассенс Х. Первые данные о распределении пыльцы и спор в поверхностных осадках моря Лаптевых и их значение для палеоклиматических реконструкций голоцена Арктической Сибири // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2000. Т. 75, вып. 1. С. 67–72.
- Растительный и животный мир дельты реки Лены / под ред. Ю. В. Лабутина, В. И. Перфильевой, Ю. В. Ревина и др. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. 140 с.
- Руденко О. В. Субрецентные палиносpectры поверхностных осадков шельфа и подводного склона Шпицбергена и их значение для палеогеографических реконструкций // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. Вып. 5. С. 202–214.
- Руденко О. В., Енина В. В., Овсепян Я. С. Вариации состава субфоссильных палиносpectров в донных осадках шельфа и континентального склона моря Лаптевых // Мат-лы XXI Междунар. науч. конф. (школы) по морской геологии. Москва, 16–20 ноября 2015 г. М.: ГЕОС, 2015. Т. 1. С. 218–221.
- Саввинова Г. М. Спорово-пыльцевые спектры современной тундры Северо-Востока Якутии // Стратиграфия, палеонтология и литология осадочных формаций Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1975. С. 165–172.
- Савельева Л. А., Дорожкина М. В., Павлова Е. Ю. Современное годовое выпадение пыльцы и спор в дельте реки Лены (по данным спорово-пыльцевых ловушек) // Естественная история российской восточной Арктики в плейстоцене и голоцене: сб. ст. ГЕОС, 2003. С. 32–40.
- Савельева Л. А., Морозова Е. А., Большианов Д. Ю., Титова Д. В., Вахрамеева П. С. Первые результаты исследования спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб в дельте реки Лены // Заповедники Российской Арктики: проблемы и пути их решения: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию гос. природного заповедника "Усть-Ленский" (пос. Тикси, Республика Саха (Якутия)). 2010. С. 117–121.
- Савельева Л. А., Рашке Е. А., Титова Д. В. Атлас фотографий растений и пыльцы дельты реки Лены. СПб., 2013. 114 с.
- Тихменев Е. А. Антэкология растений острова Врангеля // Ботан. журн. 1976. Т. 61, № 2. С. 164–176.
- Тихменев Е. А. Жизнеспособность пыльцы и опыление арктических растений // Экология. 1981. № 5. С. 25–31.

- Украинцева В. В., Поспелов И. Н. О связях состава растительности и состава спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб (устье р. Оленья, полуостров Таймыр) // Изв. РАН. Сер. географ. 2006. № 3. С. 97–109.
- Федорова Р. В. Количественные закономерности распространения пыльцы древесных пород воздушным путем // Тр. ИГ АН СССР. 1952. Т. 52. С. 91–103.
- Шамурин В. Ф. Антэкология растений Арктики // Вопр. антэкологии: мат.-лы симп. по антэкологии. Л., 1969. С. 64–65.
- Шахова О. В., Колпаков В. В. Сопоставление спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб с растительностью севера Якутии // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1966. Т. LXXI, № 6. С. 92–102.
- Andreev A., Schirrmeyer L., Siegert C., Bobrov A. A., Demske D., Seiffert M., Hubberten H. W. Paleoenvironmental changes in Northeastern Siberia during the Late Quaternary – evidence from pollen records of the Bykovsky Peninsula // Polarforschung. 2002. Vol. 70. P. 13–25.
- Andreev A. A., Schirrmeyer L., Tarasov P. E., Ganopolski A., Brovkin V., Siegert C., Wetterich S., Hubberten H. W. Vegetation and climate history in the Laptev Sea region (Arctic Siberia) during Late Quaternary inferred from pollen records // Quaternary Sci. Rev. 2011. Vol. 30. P. 2182–2199. doi:10.1016/j.quascirev.2010.12.026.
- Biskaborn B. K., Herzschuh U., Bolshiyakov D., Savelieva L., Zibulski R., Diekmann B. Late Holocene thermokarst variability inferred from diatoms in a lake sediment record from the Lena Delta, Siberian Arctic // J. Paleolimnol. 2013. Vol. 49, Iss. 2. P. 155–170. DOI 10.1007/s10933-012-9650-1
- De Klerk P., Donner N., Joosten H., Karpov N. S., Minke M., Seifert N., Theuerkauf M. Vegetation patterns, recent pollen deposition and distribution of non-pollen palynomorphs in a polygon mire near Chokurdakh (NE Yakutia) // Boreas. 2009. Vol. 38. P. 39–58. doi: 10.1111/j.1502-3885.2008.00036.x.
- 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 Biol. 2014. Vol. 37. P. 1393–1412.
- De Klerk P., Theuerkauf M., Joosten H. Vegetation, recent pollen deposition, and distribution of some non-pollen palynomorphs in a degrading ice-wedge polygon mire complex near Pokhodsk (NE Siberia), including size-frequency analyses of pollen attributable to *Betula* // Rev. Palaeobot. Palynol. 2017. Vol. 238. P. 122–143.
- Grimm E. Tilia Software. Illinois State Museum. Research and Collection Center. Springfield, IL. 1991.
- Grimm E. Tilia and TiliaGraph PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, working group on data-handling methods. Newsletter 4. 1999. P. 5–7.
- Grimm E. TGView. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Springfield. 2004.
- Jankovská V., Komárek J. Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in Palaeoecology // Folia Geobotanica. 2000. Vol. 35. P. 59–82.
- Ilyashuk B. P., Andreev A. A., Bobrov A. A., Tumskoy V. E., Ilyashuk E. A. Interglacial history of a palaeo-lake and regional environment: a multi-proxy study of a permafrost deposit from Bol'shoy Lyakhovsky Island, Arctic Siberia // J. Paleolimnol. 2006. Vol. 35, N 4. P. 855–872. doi: 10.1007/s10933-005-5859-6
- Klemm J., Herzschuh U., Pisaric M. F. J., Telford R. J., Heim B., Pestryakova L. A. A pollen climate transfer function from the tundra and taiga vegetation in Arctic Siberia and its applicability to a Holocene record // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2013. Vol. 386. P. 702–713.
- Lozhkin A. V., Anderson P. M., Vartanyan S. L., Brown T. A., Belaya B. V., Kotov A. N. Late Quaternary paleoenvironments and modern pollen data from Wrangel Island (Northern Chukotka) // Quaternary Sci. Rev. 2001. Vol. 20. P. 217–233.
- Moor P. D., Webb J. A., Collinson M. E. Pollen Analysis. Oxford, 1991. 216 p.
- Naidina O. D., Bauch H. A. Distribution of pollen and spores in surface sediments of the Laptev Sea // Land – Ocean Systems in the Siberian Arctic: Dynamics and History / eds. H. Kassens, H. A. Bauch, I. Dmitrenko, H. Eicken, H.-W. Hubberten, M. Melles, J. Thiede, L. Timokhov. N.-Y.: Springer-Verlag, 1999. P. 577–586.
- Pardoe H. S. Micro-scale patterns of modern pollen deposition within three alpine plant communities // New Phytologist. 1996. Vol. 84. P. 171–201.
- Salonen S. J., Seppä H., Luoto M., Björne A. E., Birks H. J. B. A North European pollen-climate calibration set: Analysing the climatic responses of a biological proxy using novel regression tree methods // Quaternary Sci. Rev. 2012. Vol. 45. P. 95–110.
- Savelieva L. A., Dorozhkina M. V., Pavlova E. Yu. Modern annual deposition and aeral pollen transport in the Lena Delta // Polarforschung. 2000. Vol. 70. P. 115–122.
- Schirrmeyer L., Siegert C., Kuznetsova T., Kuzmina S., Andreev A., Kienast F., Meyer H., Bobrov A. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia // Quaternary Int. 2002. Vol. 89, N 1. P. 97–118. doi: 10.1016/S1040-6182(01)00083-0
- Schneider J., Grosse G., Wagner D. The Lena River Delta – Land cover classification of tundra environments based on Landsat 7 ETM+ data and its application for upscaling of methane emissions // Remote Sensing of Environ. 2009. Vol. 113, N 2. P. 380–391. doi:10.1016/j.rse.2008.10.013
- Schofield J. E., Edwards K. J., McMullen J. A. Modern pollen-vegetation relationships in subarctic southern Greenland and the interpretation of fossil pollen data from the Norse landnám // J. Biogeography. 2007. Vol. 34, N 3. P. 473–488. doi: 10.1111/J.1365-2699.2006.01607.X
- Środoń A. Pollen spectra from Spitsbergen // Folia Quaternaria. 1960. Vol. 3. P. 1–17.

Van der Knaap W. O. Long-distance transported pollen and spores on Spitsbergen and Jan Mayen // *Pollen-Spores*. 1987. Vol. 29. P. 449–453.
Van der Knaap W. O. Relations between present-day pollen deposition and vegetation in Spitsbergen // *Grana*. 1990. Vol. 29, N 1. P. 63–78. doi: 10.1080/00173139009429977.

Wetterich S., Tumskey V., Rudaya N., Kuznetsov V., Maksimov F., Opel T., Meyer H., Andreev A., Schirmermeister L. Ice Complex permafrost of MIS5 age in the Dmitry Laptev Strait coastal region (East Siberian Arctic) // *Quaternary Sci. Rev.* 2016. Vol. 147. P. 298–311.

Subrecent Spore-Pollen Spectra and Modern Vegetation from the Lena River Delta, Russian Arctic

E. A. RASCHKE^{1,2}, L. A. SAVELIEVA³

¹ *Alfred-Wegener-Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research
14473, Potsdam, Telegrafenberg, A43
E-mail: elena.raschke@awi.de*

² *Arctic and Antarctic Research Institute
199397, St. Petersburg, Beringa str., 38*

³ *Saint Petersburg State University
199034, St. Petersburg, Universitetskaya emb., 7-9*

The paper presents the results of palynological analysis of fourty surface samples collected from the various geomorphological levels such as low and high floodplains, surfaces and slopes of terraces, tops of island remnants, etc. from different parts of the Lena River Delta. The obtained spore-pollen spectra (SPS) were compared to the modern vegetation. We studies the role of the long distance transported pollen and of the pollen from the local plant biocenosis in formation of the subrecent SPS. The modern vegetation is most adequately reflected in the SPS of the samples collected from the higher altitudes that range from 11 to 52 m above river level (a.r.l.). The SPS of the other samples contain up to 40 % of the long distance transported pollen (mostly *Pinus s/g Haploxyylon*). This results in a significant decrease in the share of the local pollen in the SPS. Our results will help to improve the reliability of palaeoclimatic reconstructions based on palaeopalynological data in Arctic regions.

Key words: Surface samples, long distance transported pollen, modern vegetation, adequacy, Lena River Delta.