

УДК 56.074.1 (1—924.16) (001.891)

© Г. А. Елина,¹ Л. В. Филимонова,² Н. Б. Лаврова³

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА: НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

G. A. ELINA, L. V. FILIMONOVA, N. B. LAVROVA. PALYNOLOGICAL INVESTIGATIONS
OF THE TUNDRA ZONE OF KOLA PENINSULA: NEW METHODOLOGICAL APPROACHES^{1,2} Институт биологии КНЦ РАН³ Институт геологии КНЦ РАН

Петрозаводск

Поступила 08.09.2000

Окончательный вариант получен 30.07.2001

Разработаны методические аспекты периодизации спорово-пыльцевых диаграмм (СПД), реконструкции палеорастительности и трендов развития тундровой зоны Кольского п-ова. Оригинальные методические подходы позволили объективизировать результаты, которые опираются на 5 СПД, 15 радиоуглеродных датировок и 10 субрецентных спектров. В обобщенном виде закономерности смен палеорастительности можно представить в виде следующей схемы. 7000—6000 лет назад (л. н.) лесотундра березовая кустарничково-лишайниковая и горная тундра ⇒ 6000—3800 л. н. лесотундра березовая кустарничково-зеленомошная ⇒ 3800—настоящее время: тундра ерниково-(кустарничково)-зеленомошная и лишайниковая. Показано, что даже во время климатического оптимума таежные хвойные леса не проникали в зону тундры (в современном ее очертании).

Ключевые слова: палинология, палеорастительность, методы, субрецентные спектры, спорово-пыльцевые диаграммы, тундра, лесотундра, Кольский п-ов.

Палинологические исследования севера Кольского п-ова были предприняты с целью выявления закономерностей динамики природных процессов, уточнения подвижек зональных и подзональных границ в голоцене. Не менее важно было установить, различаются ли тренды развития растительности в разных регионах тундры. Для достижения поставленной цели необходимо было разработать новые методические подходы, направленные на получение объективных критериев периодизации спорово-пыльцевых диаграмм (СПД) с территории современной тундровой зоны.

Палинологическим исследованиям послеледниковья севера Кольского п-ова много внимания уделялось уже в 1950—1960 гг., но в публикациях того времени имеются лишь фрагментарные данные по палеорастительности (Пьявченко, 1955; Малясова, 1960). Позже были опубликованы несколько СПД из северных регионов Кольского п-ова (Лебедева, 1977, 1990; Каган и др., 1992), а также мелкомасштабные картосхемы палеорастительности по 4 временным срезам голоцена, обобщенные для всей территории полуострова (Елина, Лебедева, 1982; Лебедева, 1983, 1984; Lebedeva, 1987). Но опубликованных диаграмм в перечисленных работах мало, тем более датированных по ¹⁴C. Современных исследований палеогеографии тундры и лесотундры пока тоже немного (Кременецкий и др., 1998; Pavlova et al., 1998; Елина и др., 2000; Елина, Филимонова, 2000), зато данных по северной Фенноскандии (Норвегии и Финляндии), близких по природным характеристикам к тундре Кольского п-ова, значительно больше (Hicks, 1977, 1994; Hyvärinen, 1975, 1976, 1985, 1993; Mäkelä et al., 1994; Hyvärinen, Alhonen, 1994; Hyvärinen, Mäkelä, 1996; Moe et al., 1996; Rikkinen, 1981; Seppä, 1996; Vasari, 1974; Vasari et al., 1996 a, b).

Для получения необходимой палеогеографической информации нами были проведены 2 экспедиции: на побережье Баренцева моря, в район низовья р. Воронья (1997 г.) и на п-ов Рыбачий (1998 г.). В экспедициях участвовали сотрудники Института биологии Карельского НЦ РАН Г. А. Елина, Л. В. Филимонова, О. Л. Кузнецов, Т. И. Бразовская, аспиранты и студенты Петрозаводского государственного университета. Спорово-пыльцевые анализы выполнены Н. Б. Лавровой, Л. В. Филимоновой и Э. И. Девятовой. Определения абсолютного возраста торфяных образцов сделаны в Геологическом ин-те (г. Москва) под руководством Л. Д. Сулержицкого.

Методические подходы

Основная сложность объективной оценки СПД тундры состоит в высоком содержании заносной пыльцы деревьев (особенно сосны и березы). Для периодизации СПД традиционно используемых сопряженных методов (палеогеографических, палинологических, макрофосильных, радиоуглеродных) оказалось недостаточно. Поэтому было необходимо разработать новые методические подходы. Вследствие особого морфологического строения пыльца сосны и березы разносится ветром на огромные расстояния, далеко за пределы своего ареала, в тундру и даже полярную пустыню. Так, заносная пыльца деревьев обнаружена на Шпицбергене (Сурова, 1981) и на Земле Франца Иосифа (Кренке, Федорова, 1961). Поэтому в СПД тундры возникают нарушения адекватности между составом спорово-пыльцевых спектров и современной растительностью. Учитывая эти факты и опираясь на 5 авторских СПД, сделаны методические акценты на:

1) хорошо выраженный «тундровый» характер спектров (в общем составе) вбореальном (SB) и субатлантическом (SA) периодах;

2) значительную роль в спорово-пыльцевых спектрах, особенно в SB и SA, пыльцы кустарничков и трав;

3) постоянное присутствие пыльцы берез *Betula czerepanovii*¹ и существенную роль *Betula nana*;

4) отсутствие существенного повышения количества пыльцы деревьев в спектрах климатического оптимума, в атлантическом (AT) периоде, что диктует привлечение других признаков для диагностики;

5) высокую значимость в SB и SA периодах арктоальпийских и гипоарктических видов (*Arctous alpina*, *Cassiope tetragona*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Dryas octopetala*, *Phyllodoce caerulea*, *Papaver*, *Primula farinosa*, *Rumex*, *Oxyria*, *Saxifraga foliolosa*, *Thalictrum alpinum*, *Urtica sondenii* и некоторые другие);

6) увеличенное количество спор *Selaginella selaginoides* в SB и первой половине SA периодов в отдельных СПД;

7) большое разнообразие и обилие *Lycopodiaceae* (особенно тундровых видов *Diphasiastrum alpinum*, *Lycopodium dubium*) на ранних стадиях развития растительности.

Среди новых методических подходов мы отмечаем: отбор образцов на палинологический анализ в разных геолого-геоморфологических условиях и на разной высоте над уровнем моря, а также в пределах одного урочища; привлечение данных ботанического состава торфа, степени его разложения и индекса влажности палеосообществ для получения сведений по гидрологическому режиму; параллельный отбор поверхностных образцов для определения субрецентных спектров вблизи скважин для СПД на болотах и в окружающих тундрах; геоботанические описания современных растительных сообществ болот и доминирующих тундровых сообществ. Только при соблюдении всех этих условий обеспечивается достоверность реконструкций палеорастительности тундровой зоны.

¹ Латинские названия растений в тексте и в таблицах даны по сводке С. К. Черепанова (1981).

Спорово-пыльцевой анализ выполнялся в соответствии с современными требованиями. В одном образце насчитывалось, как правило, не менее 500 зерен пыльцы древесных растений и параллельно велся подсчет других групп: пыльцы сосудистых растений (кустарничков и трав), спор папоротников, плаунов, хвощей и мхов. Общее число зерен в одном образце часто достигало 1000, а иногда более. Расчет (в %) проводился как между основными группами, так и в пределах каждой группы.

Палинологические определения опирались на эталонные коллекции пыльцы и спор современных растений² и справочники-определители (Пыльца..., 1972; Пыльца..., 1978; Споры..., 1983; The Northwest..., 1976, 1980, 1984, 1988, 1991; Pollen..., 1991). Особое значение придавалось идентификации пыльцы и спор тундровых растений, пыльце кустарничков³ из семейств *Ericaceae*, *Vacciniaceae*, *Empetraceae*.

Результаты и обсуждение

Результаты основаны на 5 новых СПД, 10 субрецентных (SR) спектрах, 15 радиоуглеродных (по ¹⁴C) датах и имеющихся литературных данных, перечисленных выше. Образцы для палинологического анализа отбирали на искусственных обнажениях мерзлых или талых бугров сверху вниз (на бугристо-топяных болотах) через 5—10 см, а для SR-спектров — с поверхности (0—2 см).

Субрецентные спорово-пыльцевые спектры

На побережье Кольского п-ова, в тундре, получены 10 SR-спектров: 7 — в нижнем течении р. Вороньей (в тундре — 3, на буграх и мочажинах болот — 4); 3 — на буграх болот п-ова Рыбачий (табл. 1).

Геоботанические описания растительности, выполненные непосредственно в местах отбора образцов и в окружающих их тундровых сообществах, позволили проследить степень проявления в SR-спектрах региональных и локальных их составляющих, а также превнесение пыльцы из лесотундры и тайги.

Согласно полученным данным, влияние заносной пыльцы деревьев, главным образом сосны и березы, на формирование спорово-пыльцевых спектров весьма значительно. Наибольший вклад пыльцы древесных пород отмечен в SR-спектрах воронично-лишайниковых тундр, типичных для цокольного скального плато (табл. 1). В этих сообществах наряду с доминирующими *Empetrum hermaphroditum* и *Cetraria nivalis* встречаются *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Loiseleuria procumbens*, *Arctous alpina*, *Diapensia lapponica*, *Rubus chamaemorus*. В то же время в образце, взятом в неглубокой депрессии, где распространено сообщество из *Empetrum hermaphroditum* и *Chamaepericlymenum suecicum* с примесью разных трав (*Solidago virgaurea*, *Festuca ovina*, *Rumex acetosa*, *Dryopteris austriaca*, *D. phegopteris*), соотношение в общем составе спектра изменяется в пользу трав и спор. Пыльца некоторых перечисленных видов отмечена и в группе кустарничков и травянистых растений (табл. 2).

В SR-спектрах болот также наблюдается влияние растительности мочажин и бугров на состав спектров (табл. 1, 2). Например, в мочажинах больше всего пыльцы *Syperaceae* и спор мхов, которые оказывают существенное влияние на соотношение компонентов. Пыльцы древесных пород отмечено в них несколько меньше, чем на буграх. В последних содержание ее колеблется в пределах 39—65 %. Спектр древесной группы складывает заносная пыльца *Betula pubescens* (38) и *Pinus* (24 %), а также пыльца *B. czerepanovii* (10) и *B. nana* (19 %), имеющая в основном местное происхождение. Доля пыльцы *Picea*, *Alnus* и *Salix*, как правило, не превышает 2 %. И только на болоте Александровское пыльцы ив отмечено 4 и 21 %.

² Коллекции Института биологии и Института геологии Карельского НЦ РАН.

³ Приоритет в методических разработках по определению *Ericales* принадлежит Э. И. Девятовой.

ТАБЛИЦА 1

Состав субрецентных спорово-пыльцевых спектров тундровых и болотных сообществ*
(регион I — нижнее течение р. Воронья, регион II — п-ов Рыбачий), %

Пыльца и споры, %	Регион I							Регион II		
	тундра			болота				болота		
	СТ	ДЗ ¹	ДЗ ²	СТ ^б	СТ ^м	ДЗ ^б	ДЗ ^м	ВЭ	А ¹	А ²
Общий состав										
Деревья	53	56	20	27	25	21	13	51	32	28
Кустарники	29	23	10	15	10	18	11	14	18	22
Всего деревьев и кустарников	82	79	30	42	35	39	24	65	50	50
Кустарнички	9	7	4	27	5	48	3	25	34	30
Травы	6	10	46	23	37	9	5	8	12	16
Всего кустарничков и трав	15	17	50	50	42	57	8	33	46	46
спор	3	4	20	8	23	4	68	2	4	4
пыльцы и спор	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Деревья										
<i>Picea</i>	1.3	1.4	1.3	1.2	1.6	1.4	1.8	0.6	1	2
<i>Pinus</i>	25	34	40	22	30	25	19	17	30	26
<i>Betula pubescens</i>	38	36	27	40	39	28	39	61	35	28
Кустарники										
<i>V. czerernovii</i>	10	4	6	8	5	9	8	5	12	14
<i>V. nana</i>	24	20	16	25	21	33	30	14	16	8
<i>Alnus</i>	1	3	5	2	1.5	2.3	1.6	1.4	2	1
<i>Salix</i>	1	2	5	1.7	2	1	0.4	1	4	21
Всего деревьев и кустарников	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Кустарнички и травы										
<i>Ericales + Empetraceae</i>	61	45	9	54	10	84	45	77	73	66
<i>Poaceae</i>	16	28	25	5	6	2	7	9	6	12
<i>Cyperaceae</i>	14	6	4	10	78	9	41	7	14	17
<i>Varia</i>	9	21	62	31	6	5	7	7	7	5
Всего кустарничков и трав	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Споры папоротников, плаунов, хвощей										
<i>Polypodiaceae</i>	46	44	71	14	1	5	0.2	14	42	35
<i>Lycopodiaceae</i>	9	25	1	4	1	—	0.2	29	4	6
<i>Selaginella selaginoides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—
<i>Equisetum</i>	—	—	1	—	7	—	—	—	9	2
Споры и мхи										
<i>Bryales</i>	36	—	26	49	79	90	8	43	18	32
<i>Sphagnum</i>	9	31	1	33	12	5	92	14	20	25
Всего спор	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. *SR-спектры тундровых сообществ: СТ — воротнично-лишайниковое (оказывает болотоотравное), ДЗ¹ — то же (к северу от б. Дальние Зеленцы, на скальной гряде), ДЗ² — воротнично-разбугорное (там же, в неглубокой депрессии). SR-спектры болотных сообществ: СТ^б — б. Ступенчатое (бугор), СТ^м — там же (можачина), ДЗ^б — б. Дальние Зеленцы (бугор), ДЗ^м — там же (можачина), ВЭ — б. Верхнее Эйно (бугор), А¹ — б. Александровское, скв. 11 (бугор), А² — там же, скв. 12 (бугор).

ТАБЛИЦА 2

Таксономический состав кустарничков и трав в SR-спектрах

Регион	Регион I							Регион II		
	тундра			болота				болота		
Разрезы	СТ	ДЗ ¹	ДЗ ²	СТ ^б	СТ ^м	ДЗ ^б	ДЗ ^м	ВЭ	А ¹	А ²
Кустарнички										
<i>Ericales*</i>	6	10	—	36	8	87	10	12	27	23
<i>Andromeda</i>	—	—	—	3	12	28	4	4	21	43
<i>Acrtous alpina</i>	16	4	—	—	—	—	—	—	27	16
<i>Dryas</i>	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
<i>Empetrum</i>	34	24	26	62	20	187	24	95	141	45
<i>Loiseleuria procumbens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7
<i>Ledum palustre</i>	—	—	—	15	2	40	6	—	28	74
<i>Oxycoccus</i>	—	—	—	20	7	34	10	—	9	4
<i>Vaccinium</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	8	3
<i>V. myrtillus</i>	—	—	16	7	—	49	4	49	16	17
<i>V. uliginosum</i>	2	4	—	7	—	32	5	35	37	63
<i>V. vitis-idaea</i>	10	12	4	40	17	65	13	74	31	32
Всего	68	54	48	190	66	522	76	269	345	327
Осоки и злаки										
<i>Cyperaceae</i>	16	8	22	34	486	56	68	24	63	85
<i>Poaceae</i>	18	34	126	18	36	9	12	31	27	61
Всего	34	42	148	52	522	65	80	55	90	146
Разнотравье										
<i>Apiaceae</i>	3	—	2	—	—	—	—	—	1	—
<i>Artemisia</i>	—	—	—	—	—	1	4	—	2	—
<i>Asteraceae</i>	—	—	—	—	4	—	2	1	1	—
<i>Aster type**</i>	—	2	14	6	1	—	—	3	4	—
<i>Brassicaceae (Draba)</i>	—	—	—	—	—	—	—	2	4	1
<i>Caltha type</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—
<i>Chamaepericlymenum suecicum</i>	—	2	189	8	3	6	—	—	—	—
<i>Chenopodiaceae</i>	—	4	—	2	2	—	—	1	2	—
<i>Filipendula ulmaria</i>	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
<i>Juncaceae</i>	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Lentibulariaceae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>Liliaceae</i>	—	—	3	—	—	—	—	—	1	—
<i>Melampyrum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
<i>Onagraceae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
<i>Papaveraceae</i>	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Pedicularis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
<i>Plantaginaceae</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Polemoniaceae</i>	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—
<i>Polygonaceae</i>	4	—	10	—	—	—	—	—	2	5
<i>Potentilla type</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Primulaceae</i>	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ranunculaceae</i>	—	5	6	—	—	—	—	2	2	—
<i>Rosaceae</i>	—	—	6	3	—	—	—	—	2	—
<i>Rubus chamaemorus</i>	—	—	—	84	12	24	6	13	5	2
<i>Rumex (Oxyria)</i>	—	4	64	—	4	—	—	—	2	1

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Регион	Регион I							Регион II		
	тундра			болота				болота		
	СТ	ДЗ ¹	ДЗ ²	СТ ^б	СТ ^м	ДЗ ^б	ДЗ ^м	ВЭ	А ¹	А ²
Разрезы	—	3	—	—	2	—	—	—	—	1
<i>Saxifraga</i>	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—
<i>Scrophulariaceae</i>	—	—	2	—	3	—	—	—	—	—
<i>Tanacetum</i> type	—	3	—	2	4	—	—	2	2	2
<i>Thalictrum</i>	2	—	3	1	1	1	—	—	—	—
<i>Urtica sondenii</i>	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
<i>Violaceae</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	2	2
Неопределенные виды	10	26	316	110	38	32	12	26	40	27
Всего	10	16	20	19	19	14	13	16	29	22
Количество таксонов	10	16	20	19	19	14	13	16	29	22

Примечание. СТ — Ступенчатое, ДЗ — Дальние Зеленцы, ВЭ — Верхнее Эйно. А¹, А² — Александровское, б — бугор, м — можачина. * — пыльца не идентифицирована до рода и вида. ** «type» — палинологическое понятие, которое добавляют к родовому или видовому названию, например: *Potentilla* type объединяет роды *Potentilla*, *Sibbaldia*, *Fragaria*. Это означает, что другие таксоны того же ранга вероятны, но на основе морфологического строения пыльцы они не могут быть определены более точно.

В спектрах кустарничков и трав доминирует пыльца первых (в среднем 71%), пыльцы *Cyperaceae* отмечено 7—17%, *Poaceae* — 2—12%. Пыльцы разнотравья немного (5—7%) и только в поверхностном образце с бугра болота Ступенчатое ее доля составила 31%, за счет пыльцы *Rubus chamaemorus* (24%). Из 32 таксонов *Varia*, отмеченных в тундровых SR-спектрах, в поверхностных образцах с бугров болот встречено 25 таксонов (табл. 2). Следует отметить, что количество пыльцы кустарничков и трав SR-спектров бугров колебалось и в среднем составило 47%, что весьма близко к таковому значению суммы пыльцы древесных пород (49%). Спор отмечено немного и присутствие их в споровом спектре связано с локальным произрастанием споровых растений.

Спорово-пыльцевые диаграммы

Палеогеографические исследования позволили получить новый материал по 5 СПД, при реконструкции которых использовались данные по SR-спектрам из разных типов местообитаний тундры. Подробное изучение современной и прошлой растительности в зоне тундры проводилось нами в нижнем течении р. Вороньей и на п-ове Рыбачий (рис. 1). В целом в СПД отмечено 170 таксонов, в числе которых 60% встречаются в 1—2 разрезах, 40% — более чем в 2 и только 16% — во всех разрезах (табл. 3).

В районе пос. Дальние Зеленцы, вблизи впадения в Баренцево море р. Вороньей и на п-ове Рыбачий, преобладают абразионная цокольная (высота (h) над ур. м. до 50 м) и цокольная сильно расчлененная равнины (h — 150—300 м), сложенные докембрийскими кристаллическими породами (Атлас..., 1971). На узкой прибрежной полосе Баренцева моря, в отдельных частях Кольского п-ова, встречаются равнины морского генезиса.

В растительном покрове доминируют петрофитные вороничные тундры из *Empetrum hermaphroditum* (Геоботаническое..., 1989). Своеобразием этих тундр является высокая насыщенность их бореальными видами, особенно *Vaccinium myrtillus* и *Lerchenfeldia flexuosa*. На п-ове Рыбачий преобладают воронично-лишайниковые тундры, а в нижнем течении р. Воронья — ерниково-лишайниковые и воронично-лишайниковые (Атлас..., 1971). Встречаются также ивняково-мелкоерниковые, зелено-мощно-лишайниковые и крупноивняковые (*Salix glauca*, *S. phylicifolia*, *S. lapponum*)

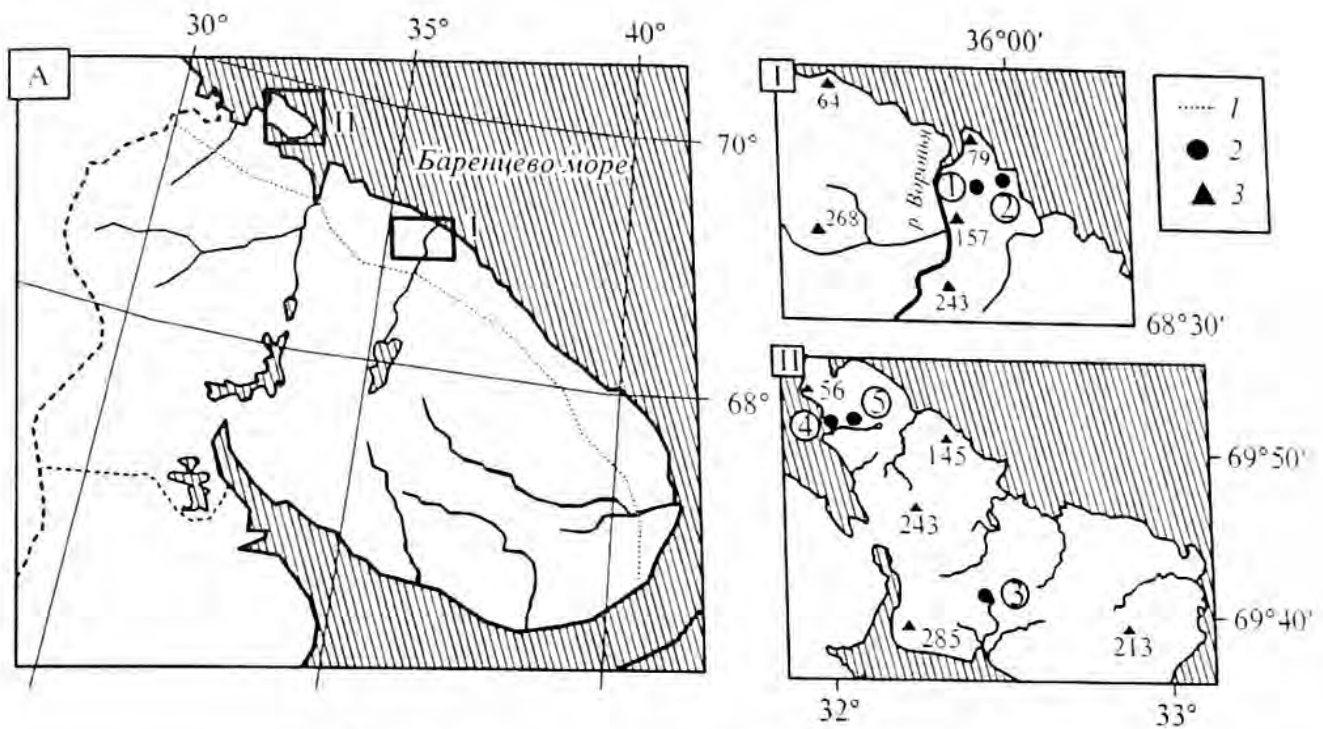


Рис. 1. Регионы изученные на Кольском п-ове.

1 — южная граница тундры (карта А). На картах I и II: 2 — изученные СПД, 3 — гипсометрические высоты. В регионе I «Бассейн р. Воронья» изучены СПД: 1 — Ступенчатое, 2 — Дальние Зеленцы; в регионе II «П-ов Рыбачий» — СПД: 3 — Верхнее Эйно, 4 — Александровское-1, 5 — Александровское-2.

тундры. Заболоченность территории в низовьях р. Вороньей невысокая — 5—10%, а на п-ове Рыбачий она колеблется от 10 до 40%. Преобладают бугристо-топяные и травяно-моховые типы болот; большинство из них имеют мелкую залежь — 1—1.5 м.

СПД Ступенчатое ($69^{\circ}05'$ с. ш. и $36^{\circ}04'$ в. д.) получена на болоте того же названия, расположенном вблизи пос. Дальние Зеленцы. Высота его поверхности над ур. м. — от 20 до 30 м, площадь (S) — около 3 га. Болото, где сочетаются массивы бугристо-мочажинные и травяно-сфагновые, занимает долину стока на склоне гряды. Глубина торфа под буграми достигает 165 см. На искусственном обнажении отобраны образцы на спорово-пыльцевой анализ. В разрезе датированы 5 образцов: на глубине 55—60 см = 710 ± 40 (ГИН-9321), 75—80 = 1200 ± 50 (ГИН-9322), 95—100 = 2360 ± 40 (ГИН-9323), 115—120 = 3140 ± 60 (ГИН-9324), 135—140 см = 4340 ± 40 (ГИН-9325) л. н. Расчетный возраст базального слоя торфа — 5900 лет.

СПД Ступенчатое (рис. 2) относится в целом к тундровому типу, но в SB и AT₃ проявляются лесотундровые спектры. Это подтверждается приведенными выше данными по SR-спектрам с данной территории (табл. 2) и серией таковых с западной части Кольского п-ова, из тундры и лесотундры (Елина, Филимонова, 2000). В группе древесной пыльцы преобладают березы, довольно много сосны, а с контакта SB/SA появляется ель. Выразительны кривые пыльцы ерикоидных кустарничков и морошки. Сугубо локальный характер имеют меняющиеся кривые осоковых и хвощей.

СПД Дальние Зеленцы получена на болоте ($S = 2$ га), расположенном в 8 км к югу от одноименного поселка ($69^{\circ}04'$ с. ш. и $36^{\circ}01'$ в. д.), на плато, высота над ур. м. которого составляет 150 м. Основная часть болота занята мелкобугристо-западинным комплексом. Глубина торфа под буграми — 70—85 см, под грядами — 95 см, под мочажинами — 30—70 см. В самой глубокой части болота, на гряде, получена СПД (рис. 3); в образце на глубине 25—30 см радиоуглеродный возраст = 1570 ± 60 (ГИН-9331), а на глубине 50—55 см = 1830 ± 40 (ГИН-9330) л. н. Возраст базальных слоев заиленного торфа, по расчетам, составляет 4000 лет. Эта СПД так же, как и Ступенчатое, относится к тундровому типу.

ТАБЛИЦА 3

Список пыльцы и спор, отмеченных в СПД: Александровское (А¹, А²),
Верхнее Эйно (ВЭ), Дальние Зеленцы (ДЗ), Ступенчатое (СТ)

Растения	СПД				
	А ¹	А ²	ВЭ	ДЗ	СТ
Цветковые растения					
Деревья	+	—	+	+	+
<i>Alnus incana</i>	+	+	—	+	+
<i>A. kolaensis</i>	+	+	+	+	+
<i>Betula czerepanovii</i>	+	+	+	+	+
<i>B. pubescens</i>	—	—	—	—	+
<i>B. pendula</i>	+	+	—	+	+
<i>Picea obovata</i>	—	—	—	+	+
<i>P. cf. fennica</i>	+	+	+	+	+
<i>Pinus sylvestris</i>	—	—	—	+	+
<i>Pinus cf. lapponica</i>	—	—	+	—	—
<i>Populus tremula</i>	—	—	+	—	+
<i>Quercus robur</i>	—	—	+	+	—
<i>Tilia cordata</i>	—	—	+	+	+
<i>Ulmus</i>	—	—	—	—	+
<i>U. laevis</i>	—	—	—	—	+
Кустарники					
<i>Alnaster cf. fruticosa</i>	—	+	—	+	+
<i>Betula humilis</i>	+	+	—	+	+
<i>B. nana</i>	+	+	+	+	+
<i>Corylus avellana</i>	—	—	—	+	+
Grossulariaceae	—	—	—	—	+
<i>Frangula</i>	—	—	—	—	+
<i>Juniperus</i>	—	+	+	+	+
<i>J. communis</i>	—	—	—	+	+
<i>J. sibirica</i>	—	—	—	—	+
<i>Salix</i>	+	+	+	+	+
<i>Sorbus</i>	—	—	—	—	+
Кустарнички					
Ericaceae					
<i>Andromeda polifolia</i>	+	+	+	+	+
<i>Arctous alpina</i>	+	+	+	+	+
<i>Calluna vulgaris</i>	+	+	+	+	+
<i>Cassiope tetragona</i>	—	—	+	+	+
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	—	—	+	+	+
<i>Empetrum</i>	—	—	+	—	—
<i>Loiseleuria procumbens</i>	+	+	+	+	+
<i>Ledum palustre</i>	—	+	—	—	—
<i>Oxycoccus</i>	+	+	+	+	+
<i>Phyllodoce caerulea</i>	+	+	+	+	+
<i>Vaccinium</i>	+	+	+	—	—
	+	+	—	—	—

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Растения	СПД				
	A ¹	A ²	ВЭ	ДЗ	СТ
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+	+	+	+	+
<i>V. uliginosum</i>	+	+	+	+	+
<i>V. vitis-idaea</i>	+	+	+	+	+
Травы					
<i>Poaceae</i>	+	+	+	+	+
<i>Phragmites</i>	—	—	—	+	+
<i>Cyperaceae</i>	+	+	+	+	+
<i>Artemisia</i>	+	—	+	+	+
<i>Chenopodiaceae</i>	+	+	+	+	+
<i>Chenopodium album</i>	+	—	—	—	+
<i>C. hybridum</i>	—	—	—	—	+
<i>C. polyspermum</i>	+	—	—	—	—
<i>C. rubrum</i>	+	—	—	—	+
<i>Kochia laniflora</i>	+	—	—	—	—
<i>Salicornia herbacea</i>	+	—	—	—	—
<i>Aconitum</i>	—	—	—	+	—
<i>Adonis</i>	—	—	—	—	+
<i>Adoxa type</i>	—	—	—	+	—
<i>Alchemilla</i>	—	—	—	—	+
<i>Allium</i>	—	—	—	—	+
<i>Androsace</i>	—	—	—	—	+
<i>Angelica</i>	—	—	—	+	—
<i>Anemone type</i>	—	—	—	—	+
<i>Apiaceae</i>	+	+	+	—	—
<i>Armeria</i>	+	—	+	—	—
<i>Asteraceae</i>	—	—	+	—	—
<i>Aster type</i>	+	+	+	+	—
<i>Astragalus</i>	+	—	—	—	—
<i>Brassicaceae</i>	+	+	+	—	+
<i>Caltha palustris</i>	+	+	—	—	—
<i>Campanulaceae</i>	+	—	—	+	+
<i>Caryophyllaceae</i>	+	+	+	+	+
<i>Centaurea type</i>	+	—	—	—	—
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	—	—	+	+	—
<i>Chamaepericlymenum suecicum</i>	—	—	+	+	+
<i>Cichorium</i>	+	+	+	+	+
<i>Comarum palustre</i>	—	—	—	—	+
<i>Drosera</i>	—	—	—	+	+
<i>Dryas octopetala</i>	—	—	—	—	+
<i>Epilobium</i>	+	+	—	—	—
<i>Ephedra</i>	—	—	—	—	+
<i>Eupatorium type</i>	—	—	—	—	+
<i>Fabaceae</i>	—	—	—	—	+
<i>Filipendula ulmaria</i>	—	—	+	+	+
<i>Galium</i>	—	—	—	—	+
<i>Gentianaceae</i>	—	—	—	—	+
<i>Geum rivale</i>	+	—	—	—	+
<i>Geraniaceae</i>	+	—	—	—	—
<i>Helianthemum</i>	—	—	—	+	+
<i>Iridaceae</i>	—	—	—	—	+

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Растения	СПД				
	A ¹	A ²	ВЭ	ДЗ	СТ
	—	—	+	+	+
<i>Lamiaceae</i>	—	—	—	+	—
<i>Lathyrus</i>	+	—	—	—	+
<i>Liliaceae</i>	+	—	—	—	—
<i>Linnaea borealis</i>	—	—	—	+	—
<i>Lysimachia</i>	—	—	—	+	—
<i>Lythrum</i>	+	+	—	—	—
<i>Melampyrum</i>	—	+	—	+	+
<i>Menyanthes trifoliata</i>	—	—	—	—	+
<i>Mentha</i> type	—	—	—	—	+
<i>Montia</i>	—	—	—	+	+
<i>Naumburgia thyrsoiflora</i>	—	—	+	—	—
<i>Orthilia</i>	—	+	—	+	+
<i>Papaveraceae</i>	—	—	—	+	+
<i>Parnassia</i>	+	+	—	+	+
<i>Pedicularis</i>	+	—	—	—	—
<i>Plantago</i>	—	—	—	—	+
<i>P. cf. lanceolata</i>	+	—	—	—	—
<i>Polemoniaceae</i>	—	—	—	—	+
<i>Polemonium</i>	+	—	+	—	+
<i>Polygonaceae</i>	—	—	—	+	—
<i>Polygonum bistorta</i>	—	—	—	+	—
<i>P. aviculare</i>	—	—	—	+	—
<i>Potentilla</i> type	+	+	—	+	+
<i>Primulaceae</i>	—	—	+	+	+
<i>Primula farinosa</i>	—	—	—	—	+
<i>Pyrola</i>	—	—	—	+	+
<i>Ranunculaceae</i>	—	—	+	—	+
<i>Rosaceae</i>	+	+	+	+	+
<i>Rosa</i>	—	—	—	—	+
<i>Rubiaceae</i>	—	—	—	—	—
<i>Rubus chamaemorus</i>	+	+	+	+	+
<i>Rumex</i>	+	—	+	—	+
<i>Rumex/Oxyria</i>	+	—	—	+	+
<i>Sanguisorba</i>	—	—	+	—	—
<i>Saxifraga</i>	+	+	—	—	—
<i>Saxifraga aizoides</i>	—	—	—	—	—
<i>S. foliolosa</i>	+	—	—	+	+
<i>S. oppositifolia</i>	—	—	—	—	—
<i>Scheuchzeria palustris</i>	—	—	—	—	—
<i>Sedum</i>	—	—	—	+	—
<i>Scrophulariaceae</i>	—	—	—	—	+
<i>Serratula</i> type	+	—	+	+	+
<i>Sonchus</i>	+	+	—	+	+
<i>Stachys</i>	—	—	—	—	+
<i>Swertia</i>	—	—	—	+	—
<i>Tanacetum</i> type	—	—	—	—	+
<i>Thalictrum</i>	—	+	+	+	+
<i>T. alpinum</i>	+	+	—	—	—
<i>T. flavum</i>	+	—	—	—	+
	—	—	—	+	+

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Растения	СПД				
	A ¹	A ²	ВЭ	ДЗ	СТ
<i>Taraxacum</i> type	—	—	—	—	+
<i>Thymus</i>	—	—	—	+	—
<i>Urtica</i>	+	—	+	+	+
<i>Urtica sondenii</i>	—	—	—	+	+
<i>Valeriana capitata</i>	+	—	—	—	—
<i>Veronica</i>	—	—	—	+	+
<i>Viola palustris</i>	+	+	—	—	—
Гидрофиты					
<i>Batrachium</i>	—	—	—	+	+
<i>Hydrocharis</i>	+	—	—	—	—
<i>Lentibulariaceae</i>	+	+	—	—	—
<i>Myriophyllum</i>	+	—	—	—	—
<i>Sparganium</i>	+	—	—	—	—
Споровые растения					
Плауны					
<i>Lycopodiaceae</i>	—	—	+	—	—
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	+	—	+	+	+
<i>D. comlanatum</i>	—	+	+	+	+
<i>D. tristachium</i>	+	+	+	+	+
<i>Lycopodium annotinum</i>	—	—	+	+	+
<i>L. clavatum</i>	—	—	—	+	—
<i>L. dubium</i>	+	+	+	+	+
<i>L. lagopus</i>	—	—	+	+	+
<i>Huperzia</i>	—	—	—	+	—
<i>H. selago</i>	+	—	—	+	+
<i>H. petrovii</i>	—	—	+	+	+
<i>Selaginella selaginoides</i>	+	+	+	+	+
<i>S. sibirica</i>	—	—	—	+	+
Папоротники					
<i>Polypodiaceae</i>	+	+	+	+	+
<i>Botrychium</i>	—	—	—	+	—
<i>B. cf. boreale</i>	+	—	—	—	—
Прочие					
<i>Isoetes</i>	+	—	—	—	—
<i>Equisetum</i>	+	+	+	+	+
Мхи					
<i>Bryales</i>	+	+	+	+	+
<i>Dicranum</i>	—	—	—	+	+
<i>Hepaticae</i>	+	—	+	+	—
<i>Sphagnum</i>	+	+	+	+	+

Примечание. Обозначения те же, что и в табл. 2.

СПД Верхнее Эйно (69°39' с. ш. и 32°25' в. д.) получена на болоте того же названия, в южной части п-ова Рыбачий. Бугристо-топяное болото ($S = 33$ га) занимает узкий лог, с общим уклоном в сторону р. Эйно, впадающей в губу Большая Мотка Баренцева моря. На одном из бугров вскрыто обнажение и отобраны образцы на спорово-пыльцевой и радиоуглеродный анализы. На глубине от 24 до 82 см находится вечная мерзлота, под которой отмечен талый слой торфа и песка.

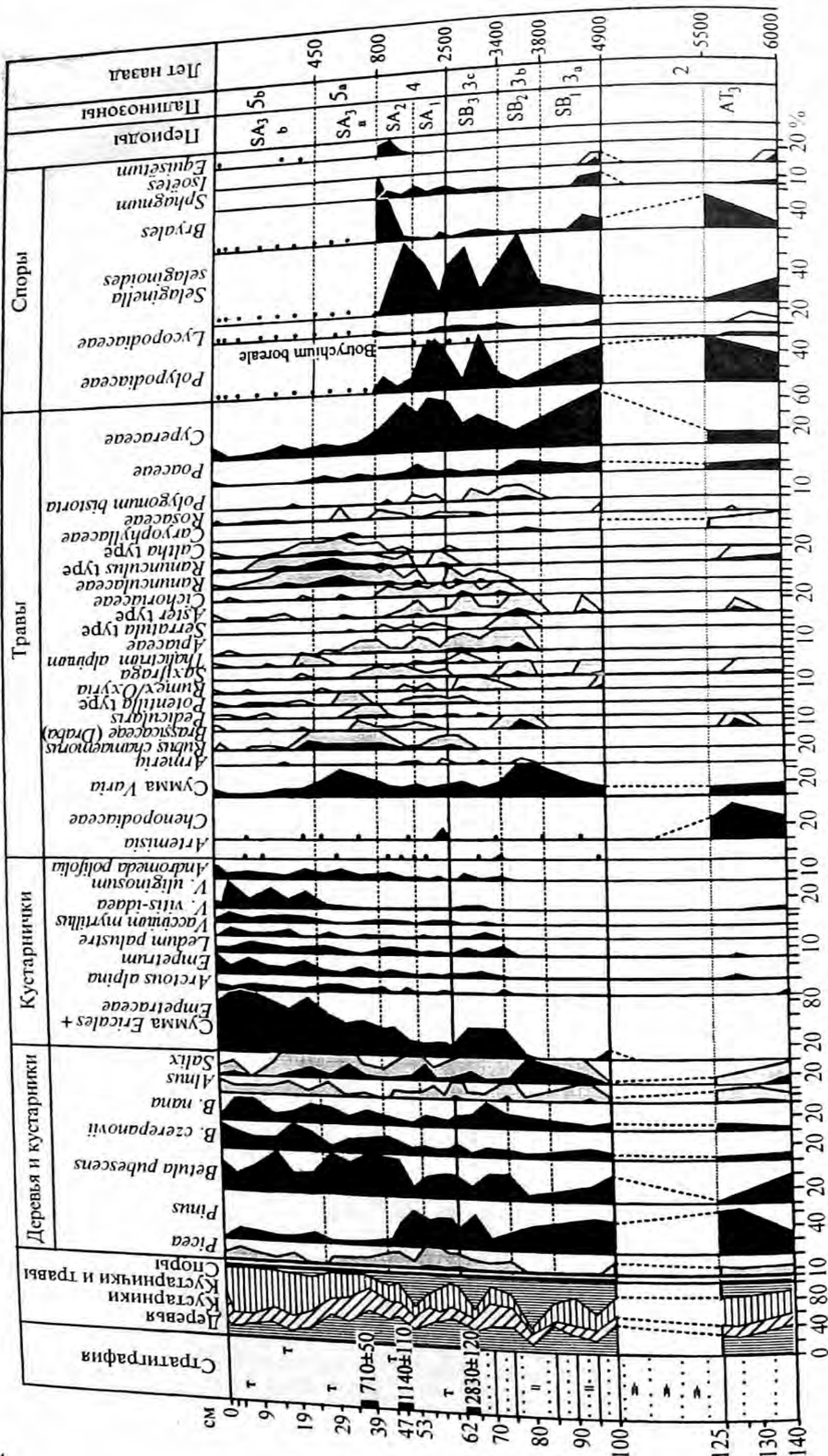


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма Ступенчатос; аналитик Э. И. Девятова.
 1—4 — стратиграфия: 1 — торф; 2 — песок с растительными остатками; 3 — песок; 4 — песок-плыун; 5 — положение в разрезе образца, датированного по радиоуглероду; 6 — десятикратное увеличение количества пыльцы и спор, %.

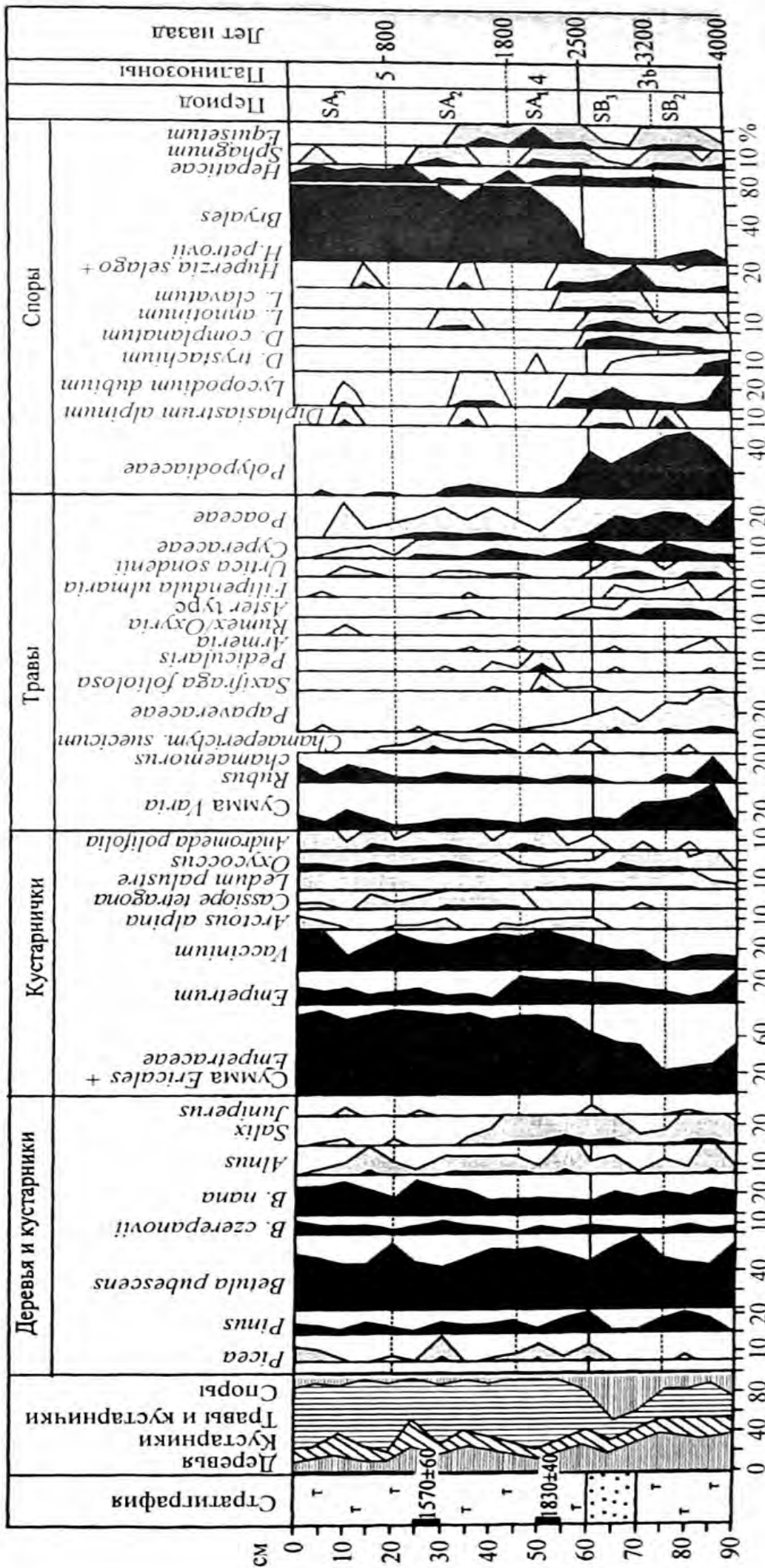


Рис. 3. Спорно-пыльцевая диаграмма Дальние Зеленцы, анализик Э. И. Девятова.
Условные обозначения те же, что и на рис. 2.

Получены 3 радиоуглеродные даты: в слое 24—32 см = 210 ± 70 (ГИН-9971), 74—82 см = 2080 ± 40 (ГИН-9972), 135—139 см = 6700 ± 60 (ГИН-9973) л. н., первая из которых значительно омоложена.

Расчетное время формирования самого придонного слоя близко к 7000 л. н. В этом же районе, в торфяниках, были документированы образцы с возрастом 6480 ± 60 (Лебедева, 1977) и 7438 ± 64 л. н. (Кременецкий и др., 1998). А в Финляндии, в безлесной арктической зоне, в озерных осадках получены более древние даты: 8570 ± 200 (Нувягинен, 1976) и 10280 ± 260 л. н. (Нувягинен, 1975).

СПД Верхнее Эйно (рис. 4) характеризуется тундровым типом спектров, где несколько преобладает пыльца кустарничков и трав, на 2-м месте находится пыльца деревьев, на 3-м — пыльца кустарников. Споры заметно (до 45%) присутствуют только в придонном слое. В основной части СПД количество спор не достигает значений, достаточных для получения достоверных данных по процентному соотношению, поэтому их кривые не прорисованы. Самыми типичными чертами этой СПД являются абсолютное преобладание берез (*Betula pubescens*, *B. czerepanovii*, *B. nana*), кустарничков (*Empetrum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *V. uliginosum*) и *Rubus chamaemorus*.

СПД Александровское-1 и 2⁴ ($69^{\circ}52'$ с. ш. и $32^{\circ}01'$ в. д.) получены на бугристо-топяном болоте, на западе п-ова Рыбачий. Высота его поверхности над ур. м. составляет 10—15 м; $S = 30$ га. Болото находится на склоне к губе Большая Волоковая Баренцева моря, не достигая берега примерно на 30 м. На 2 мерзлых буграх, на искусственных обнажениях, отобраны образцы на все виды анализов. В данном случае предполагалось уловить особенности состава локальных спорово-пыльцевых спектров в условиях с разным гидрологическим режимом: за счет выклинивания обогащенных грунтовых вод из-под коренного берега (на периферии болота) или за счет бедных поверхностных грунтовых вод (центр болота).

В скважине 11 (рис. 5) получены даты: на глубине 34—94 см = 710 ± 50 (ГИН-9976), 44—49 см = 1140 ± 110 (ГИН-9967), 62—64 см = 2830 ± 120 (ГИН-9968) л. н.; в скважине 12 (рис. 6) продатированы 2 образца: 53—57 см = 400 ± 50 (ГИН-9969), 92—97 см = 920 ± 100 (ГИН-9970) л. н. 2 последних, а также дату 210 ± 70 (СПД Верхнее Эйно) мы считаем омоложенными, поскольку они противоречат многочисленным данным по особенностям прироста торфа на буграх болот Кольского п-ова (Елина и др., 1995; Елина, Филимонова, 2000; Елина и др., 2000) и Сибири (Новиков и др., 1981; Новиков и др., 1983; Малясова, 1983; Малясова и др., 1991). Это подтверждается и четкой корреляцией СПД Александровское-1 и 2.

Обе диаграммы относятся к тундровому типу. Они имеют существенные различия от описанных выше 3 диаграмм: в верхней их части представлены очень четко выраженные тундровые спектры, в которых отмечен минимум пыльцы деревьев и кустарников, максимум кустарничков и совершенно мизерное количество спор. Ниже спектры также в основном тундровые, но постоянно встречается пыльца сосны (до 60%) и споры плаунка. Интересно, что в скважине 11, на глубине 80 см, количество плаунка достигает 88%, но споры его значительно мельче обычных. Возможно, 3600 л. н. на фоне похолодания, что подтверждается самым малым количеством пыльцы деревьев (8%), изменились состав и объем выклинивающихся подземных вод, что привело к снижению жизнеспособности плаунка и одновременно к распространению в мелководье водорослей. На глубине 85 и 90 см 2 образца содержат незначительное количество пыльцы и спор, зато в них много форм, по всей вероятности являющихся цистами водорослей (идентификация по: Tikkanen, 1986). Далее, от 100 до 125 см, отмечен водонасыщенный слой песка, в котором не удалось отобрать образцы; от 125 до 140 см — насыщенность пылью и спорами, спектры имеют тундровый характер. Во всем разрезе Александровское-2 пыльцы очень мало, что, возможно, обусловлено местоположением его в долине стока депрессии.

⁴ Александровское-1 — скважина 11; Александровское-2 — скважина 12.

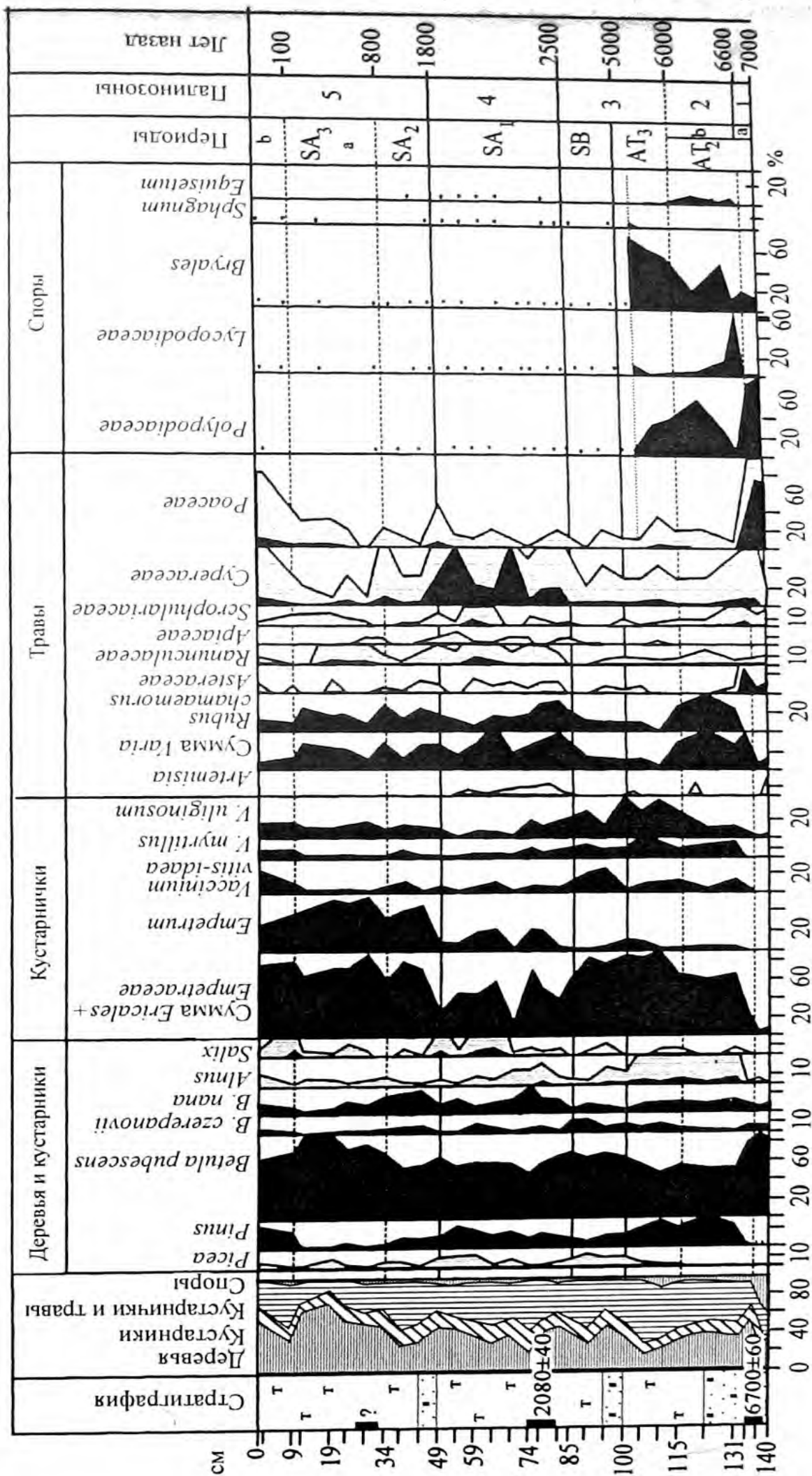


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма Верхнего Эпоха, анализ Л. В. Филимонова.

Условные обозначения те же, что и на рис. 2.

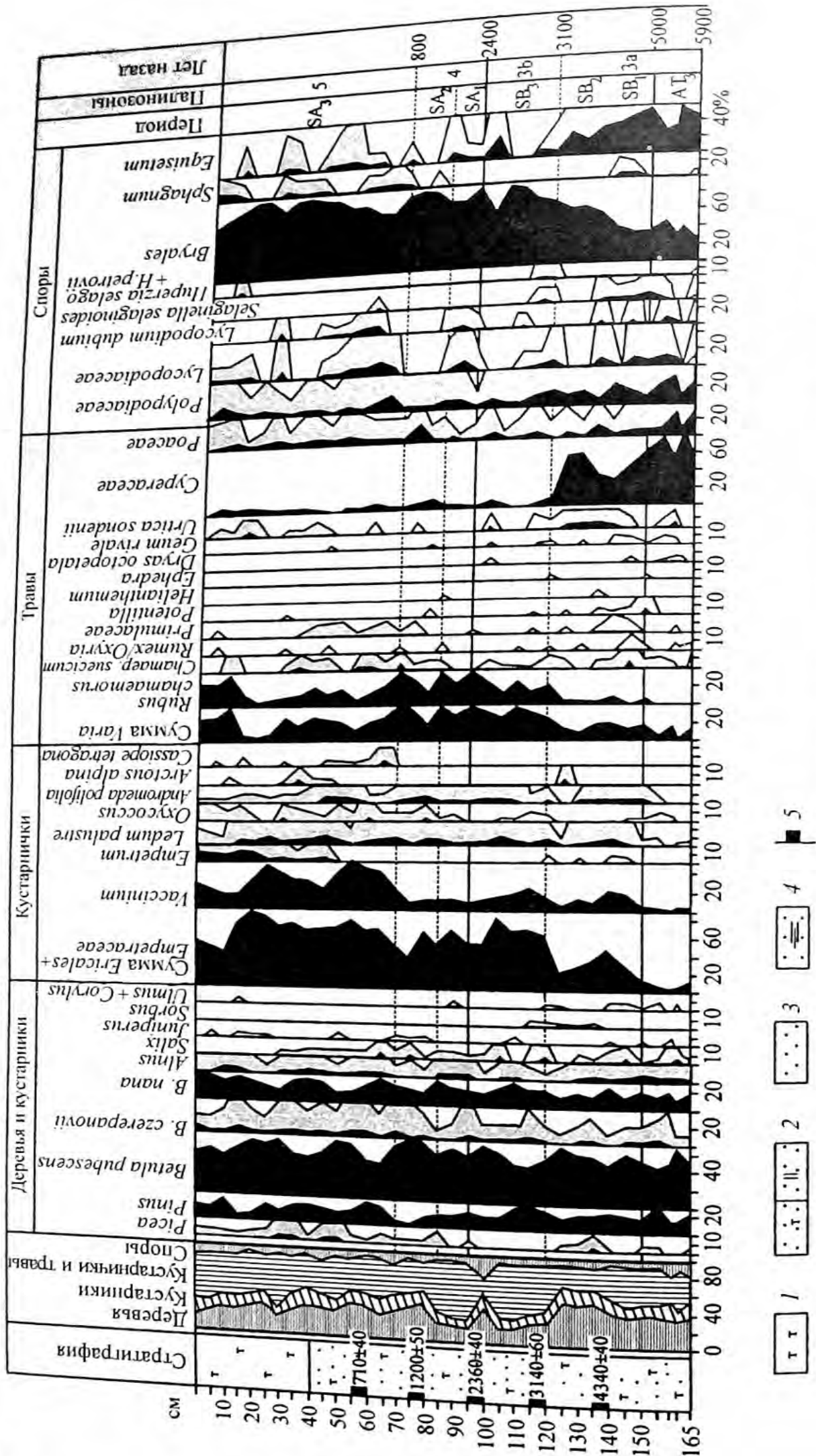


Рис. 5. Спорно-пыльцевая диаграмма Александрокое-1, скважина I1; анализик Н. Б. Лаврова.

Условные обозначения те же, что и на рис. 2.

В целом эти 2 СПД, полученные на периферии и в центре болота, хорошо коррелируя между собой, различаются в отношении состава спектров (особенно *Selaginella selaginoides*) и концентрации в них пыльцы и спор. Отмечено, что в скважине 11, в которой отобран торф (0—100 см) и крупный перемытый песок (100—140 см), базальный слой датируется возрастом 6000, в скважине 12, где представлен только торф — примерно 5000 л. н. В общем составе 1-й СПД пыльцы деревьев немного, а в споровых спектрах преобладает *Selaginella selaginoides*; во 2-й — больше пыльцы деревьев, а в группе споровых спектров доминируют папоротники. Значительное количество спор плаунка на периферии болота (скважина 11), вероятно, является следствием постоянного поступления жестких грунтовых вод из-под склона кристаллического плато. Примечательно большое участие пыльцы видов *Chenopodiaceae* в базальных слоях разреза, связанное, скорее всего, с заселением открытых засоленных террас морского генезиса. В целом, дополняя друг друга, эти 2 диаграммы дают достаточно репрезентативное представление о характере накопления пыльцы и спор, а следовательно, и динамике палеорастительности.

Реконструкции палеорастительности основаны на обобщенной характеристике палинозон (ПЗ) 5 тундровых СПД (рис. 2—6; табл. 4—6) и опираются на серию конкретных SR-спектров (табл. 1, 2). При выделении ПЗ мы акцентировали внимание на особенностях не столько кривых пыльцы древесных растений, сколько кривых кустарничков и трав. ПЗ назывались по преобладающей пыльце и спорам, с выделением (жирный шрифт) доминирующих таксонов. В табл. 4 проведена корреляция 3 близких СПД, которые различаются возрастом базальных слоев отложений и отдельными локальными признаками. Но СПД Александровское-1 и 2 имеют настолько много отличий, определенных условиями формирования осадков, в связи с приуроченностью их к приморской полосе, вероятно расположенной в пределах влияния трансгрессий Баренцева моря, что пришлось первичную характеристику ПЗ приводить отдельно (табл. 5). Для облегчения дальнейшей корреляции всех СПД нумерация палинозон унифицирована. Как видно (табл. 4, 5), ПЗ не абсолютно синхронны, но достаточно близки по возрасту. Естественно, что в пределах своих регионов они имеют некоторую специфику, что будет подчеркнуто как при обобщающем описании ПЗ (табл. 6), так и при реконструкции растительности.

Далее приводится описание палинозон в соответствии с табл. 6.

ПЗ 1: *Betula* — *Ericales* — (*Lichenes*⁵) (AT₂: 7000-6600 л. н.) выражена только в 2 придонных спектрах в СПД Верхнее Эйно, поэтому характеристика ее достаточно краткая. По соотношению пыльцы и спор в общем составе эту ПЗ можно было бы интерпретировать как тундровую, однако остаются некоторые сомнения (возможно, такой состав спектров был следствием преобладания тогда скальных, очень бедных местообитаний). Но о лесотундровом характере растительности этого времени свидетельствуют литературные данные. Так, в СПД из южной части п-ова Рыбачий (Кременецкий и др., 1998) в слоях этого возраста в общем составе преобладают деревья, в то же время — много ив. В нескольких СПД из самого севера Финляндии спектры этого возраста близки к лесотундровым (Huväginen, 1975; Vasari et al., 1996a).

Скорее всего, 7000—6600 л. н. наряду с лесотундровыми присутствовали и тундровые. Видимо, островные березовые травяные (папоротниковые) редколесья сочетались с кустарничково-лишайниковыми сообществами, которые перемежались с злаково-разнотравными заболоченными зарослями. Среди трав встречались виды семейств и родов *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Filipendula*, *Saxifraga*, *Rumex*, *Poaceae*, *Cyperaceae*. Возраст нижней границы здесь чисто условный (7000 л. н.), поскольку более точно по фактическим данным его установить невозможно из-за слабой представленности ПЗ, а также из-за перемешивания осадков и перерывов в осадко-накоплении.

⁵ *Lichenes* поставлены в скобки, поскольку об их присутствии делается допуск, основанный на использовании метода актуализма, но, кроме того, об этом говорит и характер спектров, в которых не отмечены таксоны мохового яруса.

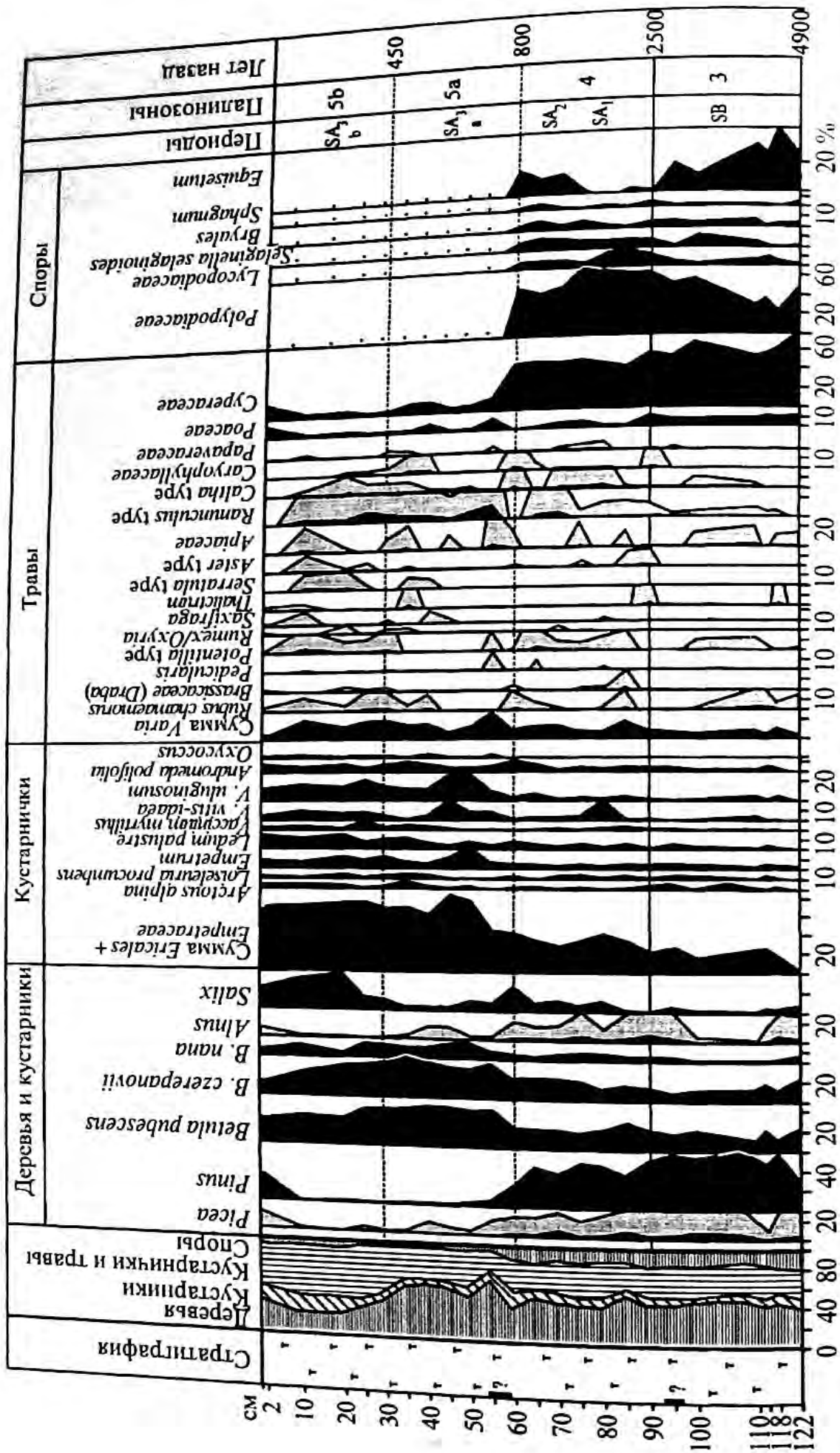


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма Александровское-2, скважина 12; аналитик Н. Б. Лаврова.

Условные обозначения те же, что и на рис. 2.

ТАБЛИЦА 4

Главные особенности спорово-пыльцевых комплексов выделенных палинозон СПД Верхнее Эйно (ВЭ), Ступенчатое (СТ) и Дальние Зеленцы (ДЗ)

ПЗ	Зональный характер растительности	Комплексы			Период в СПД		
		пыльцы		спор	ВЭ	СТ	ДЗ
		деревьев и кустарников	кустарничков и трав	трав и мхов			
1	Лесотундровый	<i>Betula pubescens</i>	<i>Ericales, Poaceae</i>	<i>Polypodiaceae</i>	AT _{2a}	—	—
2	То же	<i>B. pubescens, Pinus (Alnus)</i>	<i>Ericales, Rubus chamaemorus</i>	<i>Lycopodiaceae, Polypodiaceae, Bryales</i>	AT _{2b}	—	—
3	» »	<i>B. pubescens, Pinus (Alnus)</i>	<i>Ericales, Varia</i>	<i>Bryales, Polypodiaceae</i>	AT ₃ SB	—	—
3a	» »	То же	<i>Ericales, Varia, Cyperaceae</i>	<i>Bryales, Polypodiaceae, Equisetum</i>	—	AT ₃ SB ₁₋₂	—
3b	» »	» »	<i>Ericales, Varia, Rubus chamaemorus</i>	<i>Bryales, Huperzia</i>	—	SB ₃	SB ₂ SB ₃
4	Тундровый	<i>Betula nana, Salix, B. pubescens, Pinus</i>	<i>Ericales, Rubus chamaemorus</i>	<i>Bryales</i>	SA ₁	SA ₁ SA ₂	SA ₁
5	»	<i>B. nana, B. pubescens, Pinus</i>	<i>Vaccinium, Empetrum, Rubus chamaemorus</i>	<i>Lycopodiaceae, Bryales</i>	SA ₂ SA ₃	SA ₃	SA ₂ SA ₃

Примечание. Здесь и в табл. 5, 6 жирным шрифтом выделены доминирующие таксоны, в скобках — таксоны растений, присутствующие в локальных сообществах.

ПЗ 2: *Betula pubescens* — (*Pinus*) — *Ericales* — *Lycopodiaceae* — *Bryales* (AT₂: 6600—6000 л. н.) отмечены СПД Верхнее Эйно и Александровское-1. Состав спектров позволяет говорить о сочетании доминирующих лесотундровых и второстепенных тундровых сообществ. Первые были приурочены к долинам стока и склонам гор, вторые — к их вершинам. В середине AT₂ в редкостойных березовых куртинах появилась сосна, вдоль рек — ольха серая, а в наземном ярусе — обильные кустарнички и морошка. В открытых зеленомошных тундрах доминировали плауны (*Lycopodium dubium*, *L. lagopus*, *Diphasiastrum alpinum*, *D. tristachium*) с незначительной примесью трав (*Polypodiaceae*, *Asteraceae*, *Filipendula*, *Rosaceae*, *Ranunculaceae*). Исходя из состава спектров можно предположить, что в это время было немного теплее, чем ранее и позже.

На узкой полосе побережья, расположенного в зоне влияния трансгрессий Баренцева моря, наряду с тундровыми встречались локальные сообщества из *Chenopodiaceae*, среди которых присутствовали виды-пионеры (*Chenopodium album*, *C. polyspernum*, *C. rubrum*, *Kochia laniflora*) и типичные галофиты (*Salicornia europaea*, *Atriplex nudicaulis*), а также растения из группы *Varia*: *Caryophyllaceae*, *Ranunculus*, *Saxifraga*, *Aster (tripolium)*,⁶ *Draba*, *Plantago (maritima)*. На более высоких отметках, в неглубоких депрессиях, распространились березовые редколесья с папоротниками и бриевыми мхами в наземном покрове.

ПЗ 3: *Betula pubescens* — *Ericales* — *Bryales* (AT₃, SB: 6000—2500 л. н.) в целом характеризует зональную лесотундру. В таком виде присуща только СПД Верхнее

⁶ В скобках указаны виды, наиболее вероятно присутствующие в данных экологических условиях.

ТАБЛИЦА 5
 Главные особенности спорово-пыльцевых комплексов палинозон СПД
 Александровское-1 и 2

ПЗ	Зональный характер растительности	Комплексы			Период	
		пыльцы		спор	A ₁	A ₂
		деревьев и кустарников	кустарничков и трав	трав и мхов		
1	Лесотундровый	—	—	—	—	—
2		<i>Betula pubescens</i> (Pinus)	<i>Chenopodiaceae</i> , <i>Varia</i>	<i>Polypodiaceae</i> , <i>Bryales</i>	AT ₃	—
3		<i>Betula pubescens</i> , <i>B. czerepanovi</i> (Pinus)	<i>Ericales</i> , <i>Cyperaceae</i>	<i>Polypodiaceae</i> , <i>Equisetum</i>	—	SB
3a	»	<i>Betula pubescens</i> , <i>B. czerepanovii</i> , <i>Salix</i> (Pinus)	<i>Varia</i> , <i>Cyperaceae</i>	<i>Polypodiaceae</i> , <i>Selaginella</i>	SB ₁	—
3b	Тундровый	<i>Salix</i> , <i>B. nana</i> (<i>Betula pubescens</i> , Pinus)	<i>Varia</i> , <i>Cyperaceae</i>	<i>Selaginella</i> , <i>Polypodiaceae</i>	SB ₂	—
3c	»	<i>B. nana</i> , <i>Salix</i> (<i>B. pubescens</i> , Pinus)	<i>Ericales</i> , <i>Cyperaceae</i>	<i>Selaginella</i> , <i>Polypodiaceae</i>	SB ₃	—
4	»	<i>Salix</i> (<i>Betula pubescens</i> , Pinus, <i>Picea</i>)	<i>Ericales</i> , <i>Cyperaceae</i>	<i>Polypodiaceae</i> , <i>Selaginella</i> (<i>Bryales</i>)	SA ₁ , SA ₂	SA ₁ , SA ₂
5a	»	<i>Salix</i> , <i>B. nana</i> (<i>Betula pubescens</i> , <i>B. czerepanovii</i>)	<i>Ericales</i> , <i>Rubus chamaemorus</i> , <i>Varia</i>	(<i>Bryales</i> , <i>Lycopodiaceae</i>)	SA ₃ a	SA ₃ a
5b	»	<i>Salix</i> , <i>B. nana</i> <i>B. czerepanovii</i>	<i>Ericales</i> , <i>Varia</i>	(<i>Bryales</i> , <i>Lycopodiaceae</i>)	SA ₃ b	SA ₃ b

Эйно, в других же она имеет свои вариации. На южном побережье п-ова Рыбачий (СПД Верхнее Эйно), с 6000 до 2500 л. н., на всех плакорах преобладали березовые кустарничково-зеленомошные редколесья, в которых увеличилась роль *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*. Появились и болота, преимущественно топяные (осоковые, пушицевые), где уже встречались отдельные кочки или небольшие бугры. Тундровые сообщества (кустарничково- и ерниково-зеленомошные) также встречались, но, скорее всего, только на вершинах скалистых гряд и их северных склонах.

На материковой части побережья Баренцева моря (СПД Ступенчатое) в 1-й половине ПЗ (5000—3100 л. н.) отличия растительного покрова состояли лишь в присутствии *Polypodiaceae*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Rumex*, *Oxyria*, *Primulaceae*, *Potentilla*, реже — *Helianthemum*, *Dryas octopetala*, *Lycopodium dubium*, *Ephedra*; во влажных местообитаниях — *Urtica sondenii*, *Geum rivale*, *Ledum palustre*, *Selaginella selaginoides*, а во 2-й половине ПЗ (3100—2500 л. н.) — в обилии *Rubus chamaemorus*. В этом же регионе СПД Дальние Зеленцы свидетельствует о наличии не только лесотундровых (березово-папоротниковых), но и своеобразных тундровых сообществ: ивово-травяных и плауново-лишайниковых. В последних присутствовали *Diphasiastrum alpinum*, *D. tristachium*, *D. complanatum*, *Lycopodium dubium*, *L. annatinum*, *L. clavatum*, *Huperzia selago* (*H. petrovii*) и разнообразные травы (*Papaveraceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Filipendula*), т. е. виды арктоальпийские и бореальные, псаммофиты и мезогидрофиты.

ТАБЛИЦА 6

Корреляция усредненных палинозон

Географическая зона	СПД Ступенчатое, Дальние Зеленцы, В. Эйно (А)		СПД Александровское-1 и 2 (Б)		А	Б	А	Б
	№	ПЗ	№	ПЗ	Период		Возраст, л. н.	
Лесотундра	1	<i>Betula pubescens</i> — <i>Ericales</i> (<i>Lichenes</i>)	—	—	AT ₂	—	7000— 6600	—
То же	2	<i>B. pubescens</i> — <i>Ericales</i> — <i>Lycopodiaceae</i> — <i>Bryales</i> (<i>Lichenes</i>)	—	—	AT ₂	—	6600— 6000	—
» »	3	<i>B. pubescens</i> — <i>Ericales</i> — <i>Bryales</i>	2	<i>B. pubescens</i> — <i>Bryales</i> ; <i>Polypodiaceae</i> — <i>Chenopodiaceae</i>	AT ₃ — SB	AT ₃	6000— 2500	6000— 4900
» »	—	—	3a	<i>B. pubescens</i> — <i>Salix</i> — <i>Bryales</i> ; <i>Polypodiaceae</i> — <i>Selaginella</i>	—	SB ₁	—	4900— 3800
Тундра	—	—	3b	<i>Salix</i> — <i>B. nana</i> — <i>Varia</i> ; <i>Selaginella</i>	—	SB ₂	—	3800— 3400
»	—	—	3c	<i>Betula nana</i> — <i>Ericales</i> ; <i>Polypodiaceae</i> — <i>Selaginella</i>	—	SB ₃	—	3400— 2500
»	4	<i>Betula nana</i> — <i>Salix</i> — <i>Ericales</i> — <i>Bryales</i>	4	<i>Betula nana</i> — <i>Salix</i> — <i>Bryales</i> ; <i>Selaginella</i>	SA ₁ , SA ₂	SA ₁ , SA ₂	2500— 1800	2500— 800
»	5	<i>B. nana</i> — <i>Empetrum</i> — <i>Vaccinium</i> — <i>Lycopodiaceae</i>	5	<i>B. nana</i> — <i>Salix</i> — <i>Ericales</i>	SA ₂ , SA ₃	SA ₃	1800— 0	800— 0

Примечание. Синтаксоны зонального уровня показаны жирным шрифтом; остальное — элементы регионального уровня.

Растительность низких уровней побережья моря имела довольно существенные отличия от таковой, развивающейся на равнинах с более высокими гипсометрическими отметками. Реконструкции, основанные на СПД Александровское, свидетельствуют о распространении с 5000 до 3400 л. н. березовых редколесий с развитым травяным ярусом, сочетающихся с ивовыми зарослями, в которых обильно встречалась *Selaginella selaginoides*, а также некоторые травы (*Poaceae*, *Cyperaceae*, *Apiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Saxifraga*, *Draba*, *Thalictrum alpinum*).

С 3400 до 2500 л. н. описанные выше ивовые заросли становятся более редкими, их местообитания частично занимают ерниковые сообщества с примесью кустарничков (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillosum*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Ledum palustre*, *Andromeda*) и с небольшим участием *Armeria* и *Botrychium boreale*.

Появились и болота, преимущественно топяные. Возраст их колеблется от 7500 (СПД Верхнее Эйно) до 5000 л. н. (СПД Александровское) и до 4000 л. н. (СПД Дальние Зеленцы). Для них были обычны осоково-вахтовые, пушицевые и пушицево-гипновые сообщества, в которых уже сформировался микрорельеф из кочек и бугров.

Судя по общему составу пыльцы и спор — это было несколько более холодное время, чем в AT₂.

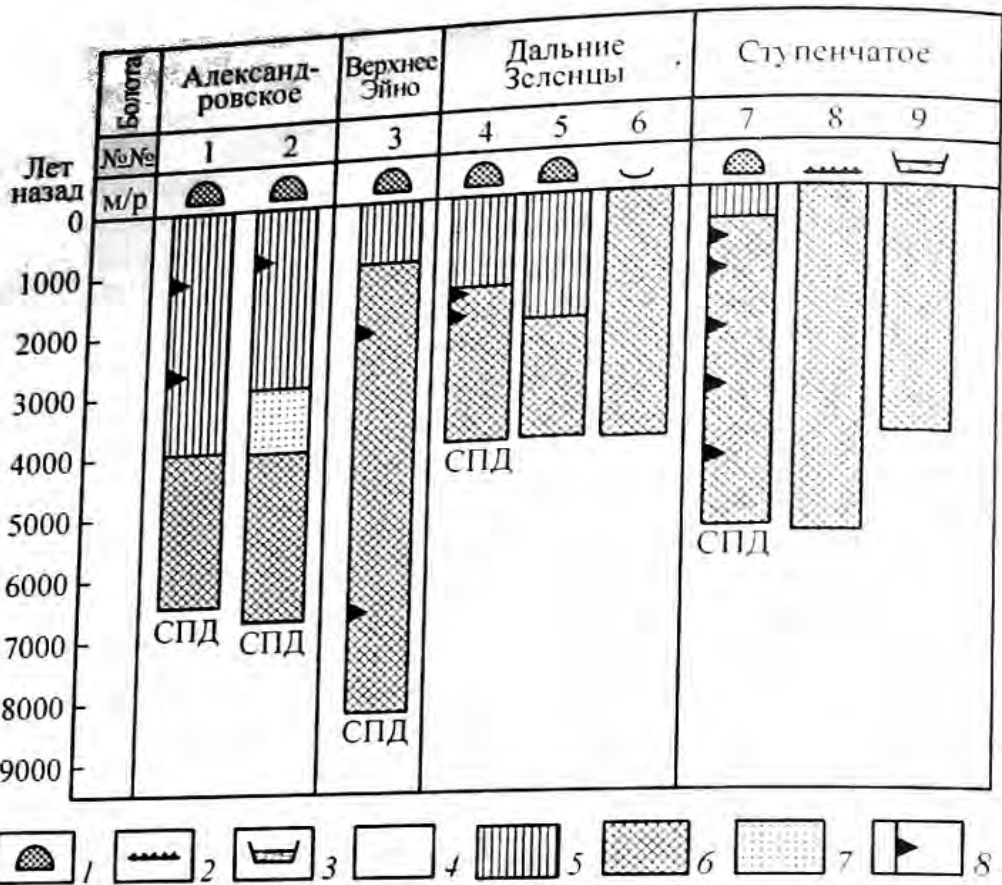


Рис. 7. Корреляция спорово-пыльцевой диаграммы (СПД) тундры.

1—4 — элементы микрорельефа: 1 — бугры, 2 — ковры, 3 — озерки, 4 — мочажинны (топи); 5—7 — стратиграфия разрезов: 5 — торф кустарничковый, формируемый под буграми, 6 — торф мочажинный, 7 — прослойки песка в торфе, 8 — радиоуглеродная датировка, привязанная к шкале времени, лет назад (слева).

ПЗ 4: *Betula nana* — *Ericales* — *Bryales* (SA₁: 2500—1800 л. н.) представлена в СПД Верхнее Эйно, Дальние Зеленцы, или ПЗ: *Betula* — *Salix* — *Selaginella* — *Bryales* (SA₂: 2500—800 л. н.) в СПД Ступенчатое, Александровское-1 и 2. Основное отличие двух последних состоит в значительном присутствии *Salix* и *Selaginella*, а большая часть пыльцы древесной березы и сосны, несомненно, была заносной. Зональная растительность претерпела довольно значительные перемены. В начале SA климат становится несколько холоднее и суше, в результате чего увеличилась роль кустарничков и морошки, уменьшились количество и разнообразие трав. Господствовали кустарничковые и ерниковые тундры, в которых присутствовали *Chamaepericlymenum suecicum*, *Urtica sondenii*, *Saxifraga foliolosa*, *Pedicularis*, *Aster*, *Scrophulariaceae*. Значительно большее обилие трав было присуще прибрежным сообществам (СПД Александровское). Кроме отмеченных выше встречались *Draba*, *Rumex*, *Oxyria*, *Thalictrum alpinum*, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Caltha*, *Sibbaldia*, *Polygonum bistorta*, *Armeria*, *Cichoriaceae*, *Rosaceae*.

Болота распространились по всей территории тундры, причем на большинстве их происходило формирование бугристо-топяных комплексов, в буграх которых уже имела место вечная мерзлота.

ПЗ 5: *Betula nana* — *Empetrum* — *Vaccinium* — *Lycopodiaceae* (SA₂, SA₃: 1800—настоящее время) — СПД Верхнее Эйно и Дальние Зеленцы или (SA₃: 800—0 л. н.) — СПД Ступенчатое, Александровское-1 и 2. Особенно заметно возросла роль *Betula nana*, а часто — кустарничков (*Vaccinium*, *Empetrum*) и *Rubus chamaemorus*. Во время малого климатического оптимума (1000 л. н.) стало несколько теплее и увеличилась роль *Chamaepericlymenum suecicum* и кустарничков (*Alnus*, *Salix*), а конец SA₃ отличается самым большим присутствием тундровых видов: *Arctous alpina*, *Cassiope tetragona*, *Loiseleuria procumbens*, *Lycopodium dubium*. Среди *Varia* чаще всего встречались виды семейств *Ranunculaceae*, *Primulaceae*, *Potentilla*.

Доминирующими, несомненно, были тундровые ценозы из кустарничков, ив и ерника с примесью морошки и различных видов гипоарктических трав. Преобладали ерниковые и ивовые тундры (зеленомошные и лишайниковые), а по долинам рек встречались заросли ольхи и небольшие пушицево-осоковые и хвощевые болота.

Для сравнения в графическом варианте (рис. 7) показаны схемы всех разрезов тундры, обеспеченных СПД и радиоуглеродными датами. Кроме того, приведены стратиграфические разрезы с тех же болот, возраст которых рассчитан по приросту торфа. Как видно, в своем развитии они почти абсолютно синхронны, различаясь лишь временем начала возникновения болот, а значит и формированием спорово-пыльцевых спектров.

Заключение

Серия методов и подходов, использованная при палинологическом анализе и синтезе данных, позволила объективизировать реконструкцию палеорастительности и установить тренды ее развития. Дальний занос пыльцы древесных растений, особенно сосны и березы, искажают адекватность общего состава групп пыльцы и спор с современной растительностью. Некоторое повышение количества пыльцы сосны во время климатического оптимума свидетельствует не о распространении сосновых лесов, а о приближении их северной границы к регионам исследования. На это указывают данные субрецентных спектров. Наибольшую значимость для оценки тундровых СПД имеют пыльца кустарничков (*Betula czerepanovii*, *B. nana*, *Salix*) и кустарничков (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Cassiope tetragona*, *Arctous alpina*, *Loiseleuria procumbens*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Empetrum*), а также *Rubus chamaemorus*. Существенное увеличение пыльцы кустарничков приходится на конец суббореального и субатлантический периоды. Тогда же большую роль приобретают арктоальпийские и гипоарктические виды: *Dryas octopetala*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Rumex*, *Oxyria*, *Saxifraga foliolosa*, *S. oppositifolia*, *Thalictrum alpinum*, *Urtica sondenii*, виды сем. *Papaveraceae*. Ранним, по возрасту, палинозонам присущи более обильные и разнообразные плауны, а средним — разнотравье, с увеличением количества пыльцы арктоальпийских и гипоарктических видов в конце SA. В условиях обильного выклинивания богатых грунтовых вод, в SB и первой половине SA, отмечены в массовом количестве споры *Selaginella selaginoides*. На основании фактического материала получено детальное и обобщенное представление о сменах палеорастительности. Для территории современной тундры обобщенная схема (примерно на уровне формаций) имеет следующий вид: 7000—6000 л. н.: **лесотундра** березовая кустарничково-лишайниковая и горная тундра ⇒ 6000—3800 л. н.: **лесотундра** березовая кустарничково-зеленомошная ⇒ 3800—настоящее время: **тундра** ерnikово-(кустарничково)-зеленомошная и лишайниковая. Показано, что на уровне тундровой зоны, в ее географическом понятии, смены растительности имели близкий характер, что видно на примере цокольных равнин с частыми выходами коренных пород на поверхность. Но на равнинах морского генезиса в атлантическом периоде преобладали березово-травяные редколесья и ивовые заросли, а в суббореальном — кустарничково-разнотравные тундры (с папоротниками, разнотравьем или плаунами). Таким образом, таежные хвойные леса даже во время климатического оптимума не проникали в зону тундры (в современном ее очертании). И лишь в наиболее благоприятных местообитаниях (равнины морского генезиса или склоны гряд южной экспозиции) могли формироваться фрагменты низкорослых разреженных сосново-березовых лесов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 99-04-48736) и проекта «Интеграция» № 639.

- Атлас Мурманской области. М., 1971. 33 с.
- Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части СССР / Под ред. В. Д. Александровой, Т. К. Юрковской. Л., 1989. 63 с.
- Елина Г. А., Лебедева Р. М. Голоценовая динамика ландшафтных зон Северо-Запада европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1982. С. 148—154.
- Елина Г. А., Арсланов Х. А., Климанов В. А., Усова Л. И. Растительность и климатохронология голоцена Ловозерской равнины Кольского полуострова (по спорово-пыльцевым диаграммам бугристого болота) // Бот. журн. 1995. Т. 80. № 3. С. 1—16.
- Елина Г. А., Филимонова Л. В. Динамика растительности и границы «тундра—тайга» в голоцене на северо-западе Кольского полуострова // Бот. журн. 2000. Т. 85. № 9. С. 34—55.
- Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен восточной Финляндии. (Палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск, 2000. 242 с.
- Каган Л. Я., Кошечкин Б. И., Лебедева Р. М. Кольский полуостров // История озер восточно-европейской равнины. СПб., 1992. С. 20—35.
- Кременецкий К. В., Патык-Кара Н. Г., Горячкин С. В. Палиностратиграфия и геохронология голоценовых озерно-болотных отложений Кольского полуострова в голоцене // Стратиграфия Геологическая корреляция. 1998. Т. 6. № 3. С. 87—96.
- Кренке А. Н., Федорова Р. В. Пыльца и споры на поверхности ледников Земли Франца-Иосифа. М., 1961. С. 57—60.
- Лебедева Р. М. Палинологические уровни в голоценовых отложениях Кольского полуострова и их абсолютная хронология // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск, 1977. С. 34—39.
- Лебедева Р. М. К истории ландшафтов Кольского полуострова в голоцене // Природа и хозяйство Севера. Мурманск, 1983. Вып. 11. Физическая география. С. 8—11.
- Лебедева Р. М. История развития растительности северо-востока Балтийского шита в антропогене // Природа и хозяйство Севера. Мурманск, 1984. Вып. 12. С. 25—29.
- Лебедева Р. М. Основные этапы развития растительности и климата на Кольском полуострове в голоцене // Четвертичный период: методы исследования, стратиграфия и экология. Тез. докл. Таллинн, 1990. Т. 2. С. 124—125.
- Малясова Е. С. Результаты применения метода спорово-пыльцевого анализа для стратиграфического расчленения четвертичных отложений Кольского полуострова, Карелии и Карельского перешейка // Сб. по палеогеографии и стратиграфии четвертичных и третичных отложений. Л., 1960. Вып. 2. С. 42—91.
- Малясова Е. С. Формирование спорово-пыльцевых спектров в современных осадках // Основные проблемы палеогеографии позднего кайнозоя Арктики. Л., 1983. С. 143—195.
- Малясова Е. С., Новиков С. М., Усова Л. И. Динамика торфонакопления и процесс образования бугристых болот Западной Сибири // Бот. журн. 1991. Т. 76. № 9. С. 1227—1238.
- Новиков С. М., Усова Л. И., Арсланов Х. А., Козарева М. Г., Малясова Е. С. Генезис и возраст бугристых болот Западно-Сибирской равнины // Изотопные и геохимические методы в биологии, геологии и археологии. Тез. докл. Тарту, 1981. С. 87—91.
- Новиков С. М., Усова Л. И. Генезис бугристых болот Западной Сибири // Тр. ГТИ. 1983. Вып. 303. С. 11—16.
- Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Л., 1972. Т. 1. С. 1—171.
- Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. *Lamiaceae — Zygophyllaceae*. Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Л., 1978. 184 с.
- Пьявченко Н. И. Бугристые торфяники. М., 1955. 278 с.
- Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Бобров А. Е., Куприянова Л. А., Литвинцева М. В., Тарасевич В. Ф. Л., 1983. 208 с.
- Сухова Т. Г. Субрецентные спорово-пыльцевые спектры ледниковых районов Шпицберга // Матер. гляциологических исследований: Хроника, Обсуждения. М., 1981. Вып. 43. С. 157—160.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения СССР. Л., 1981. 510 с.
- Hicks S. Modern pollen rain in Finnish Lapland investigated by analysis of surface samples // New Phytol. 1977. N 78. P. 715—734.
- Hicks S. Present and past pollen records of Lapland forest // Rev. Palaeobot. Palynol. 1994. Vol. 82. P. 17—35.

- Hyvärinen H.* Absolute and relative pollen diagrams from northernmost Fennoscandia // *Fennia*. Helsinki. 1975. Vol. 142. P. 5—23.
- Hyvärinen H.* Flandrian pollen deposition rates and tree-line history in northern Fennoscandia // *Boreas*. 1976. Vol. 5. P. 163—175.
- Hyvärinen H.* Holocene pollen history of the Alta area, an isolated pine forest north of the general pine forest region in Fennoscandia // *Ecology Mediterranea*. T. XI. (Fascicule I). 1985. P. 69—71.
- Hyvärinen H.* Holocene pine and birch limits near Kilpisjärvi, Western Finnish Lapland: pollen stratigraphical evidence // *Palaeoklimaforschung*. 1993. Vol. 9. P. 19—27.
- Hyvärinen H., Alhonen P.* Holocene lake-level changes in the Fennoscandian tree-line region, western Finnish Lapland: diatom and cladoceran evidence // *The Holocene*. 1994. Vol. 3. N 4. P. 251—258.
- Hyvärinen H., Mäkelä E.* Parallel trends of Holocene tree-line changes lake and mire development in northwestern Finnish Lapland // *Palaeoklimaforschung — Palaeoklimatologie Research*. 1996. Vol. 20. P. 293—300.
- Lebedeva R. M.* Stages of peat formation in the woodland zone of the Kola Peninsula during the Holocene // *Palaeohydrology of the temperate zone*. 3. Mires and Lakes. Tallinn, 1987. P. 38—52.
- Mäkelä E., Sarmaja-Korionen K., Hyvärinen H.* Holocene forest history of the Pöyrisjärvi area north of the coniferous tree-line in western Finnish Lapland: a pollen stratigraphical study // *Bull. Geol. Soc. Finland*. 1994. Vol. 66. Pt 2. P. 81—94.
- Moe D., Vorren K.-D., Alm T., Fimreite S. et al.* Norway // *Palaeoecological events during the last 5000 years*. J. Wiley, Sons. 1996. P. 153—214.
- Pavlova Y. Y., Dorozhkina M. V., Devyatova E. I.* Paleoclimate and Environmental Development of Churozero Region (Kola Peninsula) in the Pleistocene and Holocene // *Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории Земли. Тез. док. Петрозаводск, 1998*. 70 с.
- Pollen analysis*, second edition. Ed. P. D. Moore, J. A. Webb, M. E. Collinson. Blackwell Scientific Publication. Oxford, 1991. 216 p.
- Rikkinen K.* Man at the timberline: life on the Kola Peninsula in the 1880's // *Fennia*. 1981. Vol. 159. N 1. P. 201—207.
- The Northwest European Pollen Flora*. Amsterdam, 1976. Vol. 1. *Papaveraceae*: P. 250—255; Amsterdam, 1980. Vol. 2. *Saxifraga*: P. 46—57; *Gentiana*: P. 112—113; Amsterdam, 1984. Vol. 4. *Urtica*: P. 40—41; Amsterdam, 1988. Vol. 5. *Polygonaceae, Rumex*: P. 111—145; Amsterdam, 1991. Vol. 6. *Ranunculus*: P. 205—233.
- Seppä H.* Post-glacial dynamics of vegetation and tree-lines in the north of Fennoscandia // *Geographical Society of Finland*. Helsinki, 1996. 96 p.
- Tikkanen T.* Kasviplanktopos. Helsinki, 1986. 278 p.
- Vasari Y.* The vegetation of Northern Finland — past and present // *Inter-Nord*, 13—14. 1974. P. 99—118.
- Vasari Y., Gluckert G., Hyvärinen H. et al.* Finland // *Palaeoecological events during the last 15000 years*. Wyley, 1996a. P. 281—352.
- Vasari Y., Tonkov S., Vasari A., Nikolova A.* The Late-quaternal history of the vegetation and flora northeastern Finland in the light of a re-investigation of Aapalampi in Salla // *Aquilo. Ser. Botanica*. 1996b. T. 36. Oulu. P. 27—41.

SUMMARY

From the viewpoint of palynology, the tundra zone of Kola Peninsula, as compared to its other zones, was poorly studied until recently, and methodical aspects of pollen-spore diagram timing, reconstructions of palaeovegetation and trends of its development were scarcely developed. Original methodical approaches allowed us to interpret more accurately the results based upon 5 pollen-spore diagrams, 15 radiocarbon datings and 5 sub-recent spectra. In generalized form the principles of palaeovegetation successions can be presented as the following scheme: 7000—6000 years ago: sparse birch — dwarf shrub — lichen **forest-tundra** and mountain tundra → 6000—3800 years ago: sparse birch — dwarf shrub — green moss **forest-tundra** → 3800 years ago — up to the present: dwarf birch (dwarf shrub) — green moss and lichen **tundra**. Thus, it has been shown that even under the climatic optimum taiga coniferous forests did not penetrate into the tundra zone (in its present boundaries).