

Палеогляциология

doi: 10.15356/2076-6734-2017-3-391-416

История Скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена

© 2017 г. **А.А. Величко**, М.А. Фаустова, В.В. Писарева, Н.В. КарпучинаИнститут географии РАН, Москва, Россия
mafaustova@igras.ru

History of the Scandinavian ice sheet and surrounding landscapes during Valday ice age and the Holocene

A.A. Velichko, M.A. Faustova, V.V. Pisareva, N.V. KarpukhinaInstitute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
mafaustova@igras.ru

Received February 24, 2017

Accepted May 22, 2017

Keywords: *climate warming, cold spell, deglaciation, ice sheet, paleo-environments, periglacial zone, reconstruction, the Late Glacial time, vegetation.*

Summary

The reconstruction of natural environments associated with the development and degradation of the Scandinavian Ice Sheet from the Mikulino Interglacial period to the Holocene is presented in this paper. A diagram showing the change of vegetation in the periglacial zone of the Ice Sheet during the last 130 ka had been constructed from the results of studying the key sections with glacial and interstadial deposits in North-Western areas of the East European plain. In addition, paleo-landscape maps (glacier, vegetation, periglacial basins) were composed for Fennoscandia and adjacent areas for the following time periods: the Last Glacial Maximum (time of maximum cold or a minimum of heat provision), the Late Glacial time (optimum of the Allerød interstadial, the maximal cooling and the ice advance of the Late Dryas), and the Early Holocene (the Preboreal). The maps for the Late Glacial time show the most dramatic changes of the main components of paleo-landscape associated with positions of the ice margin and the nature of the proglacial drainage. Changes in the glacial structures of the Scandinavian Ice Sheet during the growth of the warming were happening faster, mainly due to local factors (topography of the glacier bed, tectonics, and glacioisostatic and glacioeustatic movements). In the vegetation of the periglacial zone, the composition of flora throughout the late Pleistocene remained unchanged, although structures of the plant communities varied. This vegetation consisted of a mix of forest, tundra and steppe complexes adapted to the sharply continental climate conditions. Transition from the Late Dryas to the Early Holocene was found everywhere in the changes of the plant communities, that could be considered as the initial stage of formation of the present-day latitudinal zonation.

Citation: Velichko A.A., Faustova M.A., Pisareva V.V., Karpukhina N.V. History of the Scandinavian ice sheet and surrounding landscapes during Valday ice age and the Holocene. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2017. 57 (3): 391–416. [In Russian]. doi: 10.15356/2076-6734-2017-3-391-416

Поступила 24 февраля 2017 г.

Принята к печати 22 мая 2017 г.

Ключевые слова: *дегляциация, ледниковый покров, палеоландшафты, позднеледниковье, потепления, похолодания, приледниковая зона, растительность, реконструкция.*

Рассматриваются вопросы изменения структуры растительных сообществ приледниковой зоны от конца микулинского (эмского) межледниковья до начала голоцена. Установлена зависимость структуры растительного покрова от темпов распространения и деградации Скандинавского ледника. По итогам изучения 118 опорных разрезов с ледниковыми и межстадиальными отложениями построена схема изменения растительности в приледниковой зоне за последние 130 тыс. лет для северо-западных районов Восточно-Европейской равнины. Наибольшее внимание уделено последнему ледниковому максимуму, аллерёду, позднему дриасу и началу голоцена (пребореалу).

Введение

Реконструкция палеоландшафтов Фенноскандии и окружающих её территорий после окончания микулинского межледниковья — ак-

туальная задача в связи с прогнозируемыми изменениями климата в ближайшем столетии и, как следствие, преобразованиями природной среды. Подобные процессы уже активно протекают в Арктике. Особое внимание в работе уделено по-

следнему отрезку позднеплейстоценовой (валдайской, вислинской) ледниковой эпохи — позднему валдаю и, прежде всего, его завершающему интервалу — позднеледниковью, представляющему собой наиболее динамичный этап в изменении ландшафтно-климатической обстановки в период всего последнего макроцикла (межледниковье — оледенение). Во время позднеледниковья на фоне нарастающего потепления происходила быстрая перестройка структуры Скандинавского ледникового покрова, при этом ландшафты сохраняли свою гиперзональность. В смене растительных сообществ повсеместно отражён переход к пребореальному периоду, обусловленный повышением теплообеспеченности.

Важные работы, посвящённые реконструкции структуры и динамики ледникового покрова, а также растительных сообществ, выполнялись отечественными исследователями во второй половине XX в. [1–6 и др.]. С тех пор появились новые материалы, позволяющие существенно откорректировать границы основных этапов деградации Скандинавского ледникового покрова [7, 8 и др.] и структуру растительных сообществ в валдае и начале голоцена [9–11 и др.]. Авторами сделана попытка дополнить историю развития Скандинавского ледникового покрова и окружающих его ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и пребореальный период голоцена на территории севера Западной Европы на основе результатов работ отечественных исследователей по северо-западным и северным районам Восточной Европы. Показаны особенности формирования ландшафтов ледниковой и приледниковой зон в пределах разных секторов ледникового покрова с учётом темпов дегляциации конкретных территорий.

Методика

В основу реконструкции палеоландшафтов Фенноскандии и прилегающих территорий в валдайскую (вислинскую) ледниковую эпоху и пребореальный период голоцена положен анализ данных геологического, палеоботанического (база данных [11]), палеофаунистического, радиометрического, палеомагнитного изучения разрезов в ледниковой и приледниковой зонах Скандинавского ледникового покрова и

шельфа, опубликованных в литературе. Большое значение в настоящей работе имеет собственный материал авторов, полученный при многолетних гляциоморфологических и стратиграфических исследованиях по определению положения границ стадий и фаз Скандинавского ледникового покрова, а также палинологическом изучении отложений ряда опорных разрезов с межледниковыми микулинскими, валдайскими и раннеголоценовыми образованиями. Собранные материалы легли в основу базы данных опорных разрезов (рис. 1, таблица) и схемы, отражающей колебания ледникового края и изменения растительного покрова за последние 130 тыс. лет (рис. 2).

Систематизация опорных разрезов показала, что не все имеющиеся данные можно использовать для реконструкций из-за разного уровня исследований, дискуссионности условий залегания, наличия перерывов в осадконакоплении, переотложения органических остатков, а иногда и субъективной трактовки полученных результатов. Предпочтение отдавалось наиболее полно охарактеризованным разрезам (см. рис. 1 и таблицу), значительная часть которых обеспечена радиометрическими датами. На палинологических диаграммах выделялись растительные зоны, характеризующие хроностратиграфические интервалы позднеледникового времени, а затем проводилась их корреляция для выявления смен типов растительных сообществ в пространстве и во времени. На основе полученного материала охарактеризованы этапы развития растительности, выделены оптимумы и пессимумы. Для оценки стратиграфического положения гляциальных флор и определения их стадийного, интерстадийного и межфазийного ранга использовались критерии, разработанные В.П. Гричуком [5]. Рассматривалось участие в ископаемых спектрах континентальных флористических элементов, устанавливалась роль лесных, тундровых и перигляциальных формаций, подбирались аналоги выявленным растительным сообществам среди современных зональных типов растительного покрова.

Наибольшее внимание уделено интервалу от максимального похолодания до пребореала. Для данного интервала в среде программы ArcGIS Desktop 10.2.2. выполнен сопряжённый пространственный анализ данных о границах

распространения ледникового покрова, уровнях приледниковых озёр и океана, а также ареалов растительных сообществ. Авторами составлены палеоландшафтные карты для Фенноскандии и соседних территорий на следующие периоды: максимум последнего оледенения, аллерёд, поздний дриас, пребореал (рис. 3, А–D). Реконструкция растительности времени максимума последнего оледенения выполнена для уровня минимальной теплообеспеченности.

Обсуждение результатов систематизации материала, собранного для построения палеоландшафтных реконструкций

Верхняя граница последнего межледниковья.

В большинстве стратиграфических схем Западной, Центральной и Восточной Европы последнее межледниковье соответствует изотопно-кислородной подстадии МИС 5е. Его продолжительность оценивается в границах этой

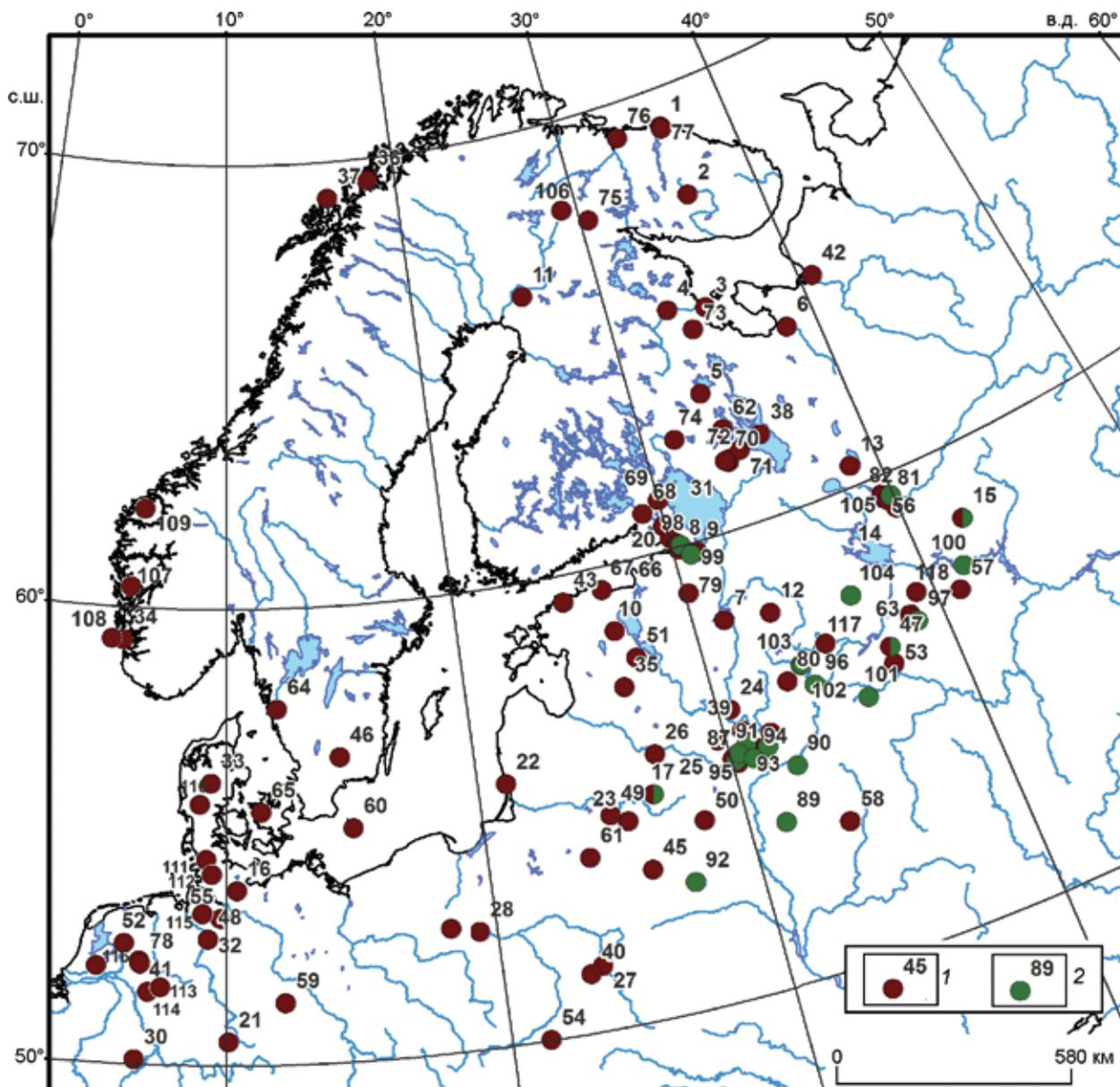


Рис. 1. Разрезы, использованные для построения карт:
1 – номер разреза в таблице; 2 – номер разреза в таблице и на рис. 2

Fig. 1. Sections used for the maps.

1 – number of the section on the Table; 2 – number of the section on the Table and Fig. 2

Список опорных разрезов

Номер	Наименование	Координаты		Временные срезы*	Источник
		с.ш.	в.д.		
1	Дальние Зеленцы	69°07'	36°03'	AL, YD	[36]
2	Чурозеро	67°26'	36°10'		[46]
3	Онежский залив, колонка № 17	64°53'	35°01'	AL, YD, PB	[34]
4	Шомбашуо	65°06'	33°05'		[46]
5	Мини-Тумба	63°06'	33°22'	YD, PB	[46]
6	Р. Икса, Иксинская депрессия	63°50'	38°28'	AL, YD, PB	[47]
7	Оз. Ильмень	58°10'	31°19'	YD, PB	[36, 48]
8	Санкт-Петербург	59°57'	30°16'	YD	[37]
9	Келколово (расчистка № 3)	59°48'	31°02'	AL, YD	[37]
10	Сойтс Ярви (Эстония)	58°33'	26°41'	AL, YD, PB	[48]
11	Апалампи	66°15'	25°55'	AL	[4]
12	Валдайское озеро	58°01'	33°15'		[48]
13	Вешозеро	60°27'	38°44'	AL, YD, PB	[47]
14	Вологда (Содима)	59°13'	39°53'	AL, YD	[36]
15	Галичское озеро	58°24'	42°17'	Рис. 2	[49]
16	Оз. Погензее	53°50'	10°23'		[41]
17	Нарочь	54°53'	26°43'	AL, YD	[48, 50]
18	Понизовье	55°17'	31°06'		[5]
19	Оз. Медведевское	60°32'	29°54'	AL, YD, PB	[44]
20	Оз. Пасторское	60°14'	30°03'		[44]
21	Болото Шварцес моор	50°31'	10°04'	AL	[41]
22	Клайпеда (колонка 1034)	55°42'	21°07'	AL, YD	[48]
23	С. Мяркис, Памяркис	54°26'	25°33'	AL	[2, 22]
24	Леоново	56°15'	30°30'	AL, YD	[2]
25	Оболь, Дымовщина, Волосово	55°40'	29°41'		[50]
26	Оз. Пикулик	51°26'	23°34'	AL, YD, PB	[45]
27	Оз. Переспильно	55°44'	27°08'		[41]
28	Оз. Гошчеас	52°35'	19°20'	AL, YD	[41]
29	Оз. Мутное	55°31'	31°47'		[50]
30	Болото Меерфельд	50°06'	6°46'	AL, YD, PB	[41]
31	Оз. Малое	61°28'	33°36'		[46]
32	Оз. Хамельзее	52°46'	9°19'		[41]
33	Беллинг	56°11'	9°22'	AL, YD	[28]
34	Сандвикватн	59°17'	5°30'	AL, YD, PB	[51]
35	Декульпите	57°19'	26°34'		[42]
36	Моланген фиорд	69°29'	18°22'	AL, YD	[52]
37	О. Андоя	69°09'	15°55'		[7]
38	Онежское озеро	61°49'	35°25'	AL, YD, PB	[36]
39	Усвяты	55°45'	30°45'	AL, YD	[2]
40	Подглембок	51°18'	23°06'	LGM	[1, 5]
41	Хенгело	52°16'	6°48'	AL	[6]
42	Северная Двина	64°41'	40°40'		[47]
43	Таллинн	59°25'	24°47'	AL, YD, PB	[36]
44	Половецко-Купанское болото	56°56'	38°40'		[4]
45	Оз. Колдычевского	53°16'	26°04'	AL, YD	[45]
46	Спиалшун	56°41'	14°36'	AL	[11]
47	Татишевское озеро	54°37'	24°56'	Рис. 2	[36]
48	Оз. Хамельзее	54°04'	28°24'	AL	[41]
49	Бабрукас	57°53'	27°20'		[4, 48]
50	Судoble	52°38'	6°12'	AL, YD, PB	[45]
51	Визусти	50°01'	21°20'	AL	[35]
52	Стапборст	52°40'	6°12'	LGM	[10]
53	Оз. Долгое	53°13'	9°47'	AL, YD	[36]
54	Подгродье	59°37'	39°32'		[10]
55	Гросс Годсхорн	57°01'	40°58'	LGM	[10]
56	Оз. Кубенское	62°12'	33°50'	AL, YD, PB	[36]
57	Иваново	56°51'	38°39'		[5]
58	Елисеевичи	53°09'	33°39'	LGM	[5]
59	Цошен	69°04'	36°04'		[41]

(Продолжение таблицы)

60	Борнхольм	67°34'	30°28'		[27]
61	Гожа	69°11'	33°26'	AL, YD	[2, 50]
62	Готнаволок	56°30'	26°33'		[46]
63	Оз. Сомино	51°21'	12°07'	YD, PB	[4]
64	Агередс-Моссе	55°07'	14°57'	AL, YD, PB	[4]
65	Радс Ведби	57°47'	12°07'	AL, YD	[27]
66	Шуваловское болото	60°05'	30°16'	PB	[4]
67	Кунда	62°17'	31°31'	AL, YD	[42]
68	Р. Вуокса, пос. Перевозное	61°31'	33°39'	AL, PB	[31]
69	Оз. Глухое	64°31'	34°01'	AL, YD, PB	[31]
70	Оз. Суярламни	61°38'	34°17'	AL, YD	[38]
71	Оз. Гурвич	61°31'	33°28'		[38]
72	Оз. Малое Безымянное	61°07'	29°59'	AL, YD, PB	[38]
73	Оз. Пертозеро	56°26'	37°25'		[38]
74	Болото Скополиное	53°49'	23°51'	YD, PB	[39]
75	Окрестности г. Ковдор	60°54'	29°08'		[36]
76	Оз. 1, нас. пункт Полярный	55°32'	11°22'	AL, YD, PB	[53]
77	Оз. Ярничное	52°12'	6°50'	YD, PB	[40]
78	Уссело	56°29'	33°03'	AL, YD, PB	[26]
79	Мшинское болото	52°46'	9°19'		[4]
80	Старосельский мох	59°32'	39°29'	YD, PB	[16]
81	Ирхино	59°27'	39°39'		[2]
82	Пучка-1	55°12'	30°04'	LGM	[2]
83	Дымовщина	55°05'	30°15'		[50]
84	Лучеса	58°57'	30°10'	AL, YD, PB	[50]
85	Микулино	55°01'	31°06'		[2]
86	Нижняя Боярщина	55°14'	31°31'		[2]
87	Пушкари	55°08'	30°12'		[50]
88	Слобода Каспьянская	55°23'	30°43'		[50]
89	Чериков	55°23'	30°44'		[50]
90	Верхние Немыкари	55°48'	27°30'		[50]
91	Гралево	52°26'	30°44'		[50]
92	Кулаки	54°40'	32°24'		[2]
93	Дричалуки	53°32'	31°22'		[2, 50]
94	Рубежница	55°17'	30°20'		[50]
95	Шапурово	55°05'	30°51'	Рис. 2	[2, 50]
96	Ново-Мончалово	56°13'	34°03'		[2]
97	Разрезы басс. Верх. Волги	56°44'	38°51'		[2]
98	Гражданский проспект	60°01'	30°24'		[2]
99	Ивановское болото близ Санкт-Петербурга	57°27'	41°30'		[4]
100	Плѐс	59°31'	39°52'		[5]
101	Ручей Бодня (Московская область)	55°34'	35°54'		[2]
102	Лошаково	56°43'	33°46'		[2]
103	Манухино	56°43'	33°51'		[2]
104	Бежецк	57°47'	36°41'		[2]
105	Разрезы басс. Сухоны	59°45'	30°44'		[36]
106	Сѣкли	67°48'	29°18'	Эем-LGM	[15]
107	Фьюозангер	60°20'	5°18'	Ранний валдай	[7]
108	Бѐ	59°14'	5°15'		[7]
109	Алесунд	62°29'	6°12'	38–35 тыс. л.н.	[1, 7]
110	Бреруп	55°29'	9°01'	Бреруп	[2, 6, 9]
111	Редерсталь	54°14'	9°12'		[2, 6, 9]
112	Оддерате	54°08'	9°11'	Бреруп-Редесталь	[2, 6, 9]
113	Денекамп	52°23'	7°00'		[2, 6, 9]
114	Хенгело	52°17'	6°52'	Хенгело-Денекамп	[2, 6, 9]
115	Оерель	53°29'	9°03'	Эем-глинде	[2, 6, 9]
116	Амерсфорт	52°10'	5°23'	Эем-бреруп	[2, 6, 9]
117	Черменино	57°32'	39°22'	Микулино – ранний валдай	[2]
118	Килешино	56°53'	33°27'	Микулино – начало среднего валдая	[2]

*LGM – последний ледниковый максимум; AL – аллерёд; YD – поздний дриас; PB – пребореал.

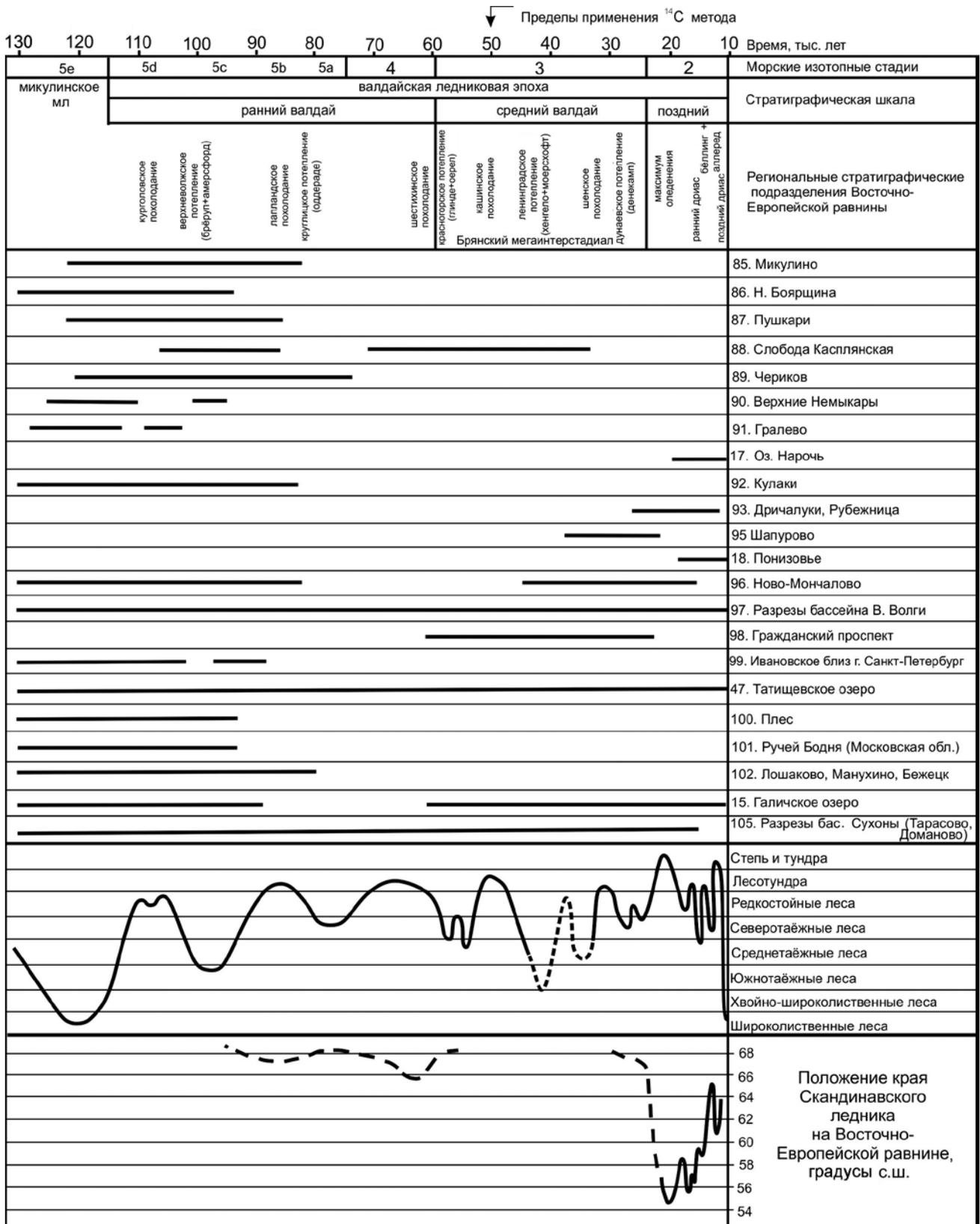


Рис. 2. Изменение растительности и распространение оледенений на Восточно-Европейской равнине за последние 130 тыс. лет

Fig. 2. Changes in vegetation and glacial expansion in the last 130 thousand years on the East European Plain

подстадии — от 128 до < 117–115 тыс. лет назад (л.н.) [6, 12 и др.]. Верхняя граница межледниковья на уровне 115 тыс. л.н. принята Международной стратиграфической комиссией [13]. Однако некоторые исследователи [14, 15] эемское межледниковье рассматривают в объёме всей стадии МИС 5. Для решения этого дискуссионного вопроса большое значение имеют работы по изучению переходного этапа от межледниковья к оледенению, так как с этим временем связана перестройка ландшафтно-климатических систем. Информация о составе растительного покрова Европейского региона в заключительную фазу межледниковья и от него к оледенению была получена уже к началу XX в. отечественными и зарубежными исследователями. В последние годы, по инициативе А.А. Величко, в лаборатории эволюционной географии Института географии РАН, проводились исследования короткопериодных колебаний с использованием метода климатограмм для реконструкций палеотемператур, что позволило установить направленный тренд к похолоданию, осложнённый колебаниями второго порядка. Верхняя граница микулинского межледниковья в Восточно-Европейском регионе была сопоставлена с завершением фазы сосны М8 на палинологических диаграммах и началом гренландского стадияла С 25 — МИС 5d [16].

Интервал от раннеледниковья до последнего ледникового максимума. Позднеплейстоценовая (валдайская, вислинская) ледниковая эпоха разделяется авторами на три хронологических этапа: ранний, заканчивавшийся около 70 тыс. л.н. (изотопно-кислородные стадии МИС 5 a–d), средний — до 28,8 тыс. л.н. (стадии МИС 4 и 3), с фазами значительного смягчения климата, и поздний — стадия МИС 2.

Раннеледниковье характеризовалось сменой похолоданий и потеплений, нашедших отражение в разрезах приледниковой зоны Европы.

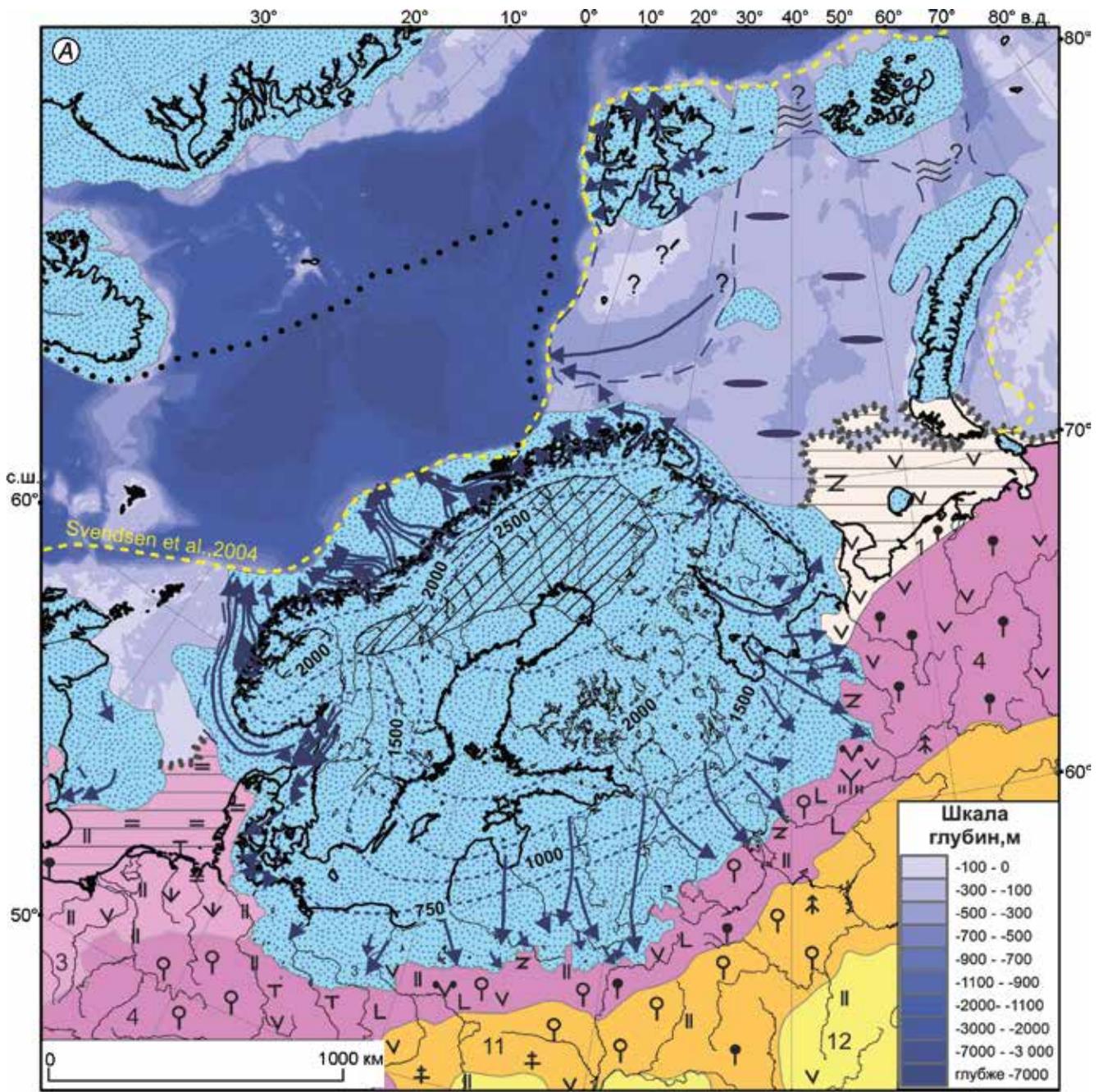
Первое значительное похолодание (*стадия хернинг, МИС 5d*), установившееся к 112–110 тыс. л.н. со снижением зимних температур на территории Западной Европы на 5–7 °С, сопоставляется с курголовским в Восточной Европе, где зимние температуры были ниже почти на 10 °С (бассейн Верхней Волги). В морских разрезах для похолодания подстадии 5d отмечено резкое снижение температуры воды в Северной Атлантике, а в Норвежском море — паде-

ние продуктивности планктонной микрофауны. В это время ледниковый покров располагался практически полностью в пределах Скандинавского полуострова, занимая обширные горные области в его юго-западной и центральной частях [7, 17]. Об этом свидетельствует залегание на осадках эемского межледниковья типичных ледниково-морских отложений в известном опорном разрезе Фьюозангер (Fjøsanger) у г. Берген в Норвегии [7]. Льды не продвигались восточнее Ботнического залива.

В следующее, более глубокое похолодание (*стадия редерсталь, МИС 5b*), коррелируемое с лапландским, западный край ледникового покрова в Атлантическом секторе находился вблизи береговой линии, а восточный — к западу от Ботнического залива. В Баренцевоморском секторе Арктики скандинавский лёд выдвигался на западе на норвежский шельф. Восточнее, в пределах России, покровные льды в раннем и среднем валдае не продвигались далее юго-западных районов Кольского полуострова. Согласно данным о палеотемпературном режиме земной поверхности, полученным в результате геотермического изучения глубоких скважин в Ловозерском массиве, финские и российские исследователи пришли к выводу, что почти вся территория полуострова покрывалась только поздневалдайскими льдами [18]. Такая палеогеографическая реконструкция подтверждена исследованиями направления разноса валунов и их петрографического состава [19].

Похолодания приводили к повсеместному формированию в приледниковой зоне субарктических перигляциальных ландшафтов. В Атлантическом и Балтийском секторах покрова господствовали открытые участки с тундровой растительностью. Восточнее наибольшее распространение получили лесотундровые ландшафты.

Во время первого ранневалдайского потепления (*интерстадиал бреруп в Западной Европе, верхневалжский — в Восточной Европе, МИС 5c*) значительная территория северной Фенноскандии была занята тундрой, южнее которой располагалась зона редколесий. Здесь существовали преимущественно берёзовые, а также елово-берёзовые и лиственничные редколесья [15, 16 и др.]. На юго-западном борту Балтийской котловины, в Дании, берёзовые редколесья сменились лесами из берёзы, сосны и ели [20]; восточнее, на низ-



1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45			

Рис. 3. Палеоландшафтные карты:

A – последний ледниковый максимум (время максимального похолодания); *B* – оптимум аллерёда; *C* – поздний дриас (время максимального распространения льдов); *D* – пребореальный период голоцена. Рис. *B–D* – см. стр. 400–402.

Типы растительности: 1 – арктическая тундра с участием полярно-маревых группировок; 2 – травянистая и кустарничково-моховая тундра с участием степных и галофитных группировок; 3 – субарктические луга в сочетании с кустарничково-моховыми тундрами, берёзовым редколесьем; 4 – травянистые и кустарничково-моховые тундры в сочетании с сосновым, лиственничным и берёзовым редколесьем, а также со степными и галофитными группировками растений; 5 – берёзовые, сосново-берёзовые, елово-берёзовые редколесья в сочетании с травянистыми и кустарничково-моховыми тундрами, степными и галофитными группировками; 6 – берёзовое редколесье в сочетании с луговым разнотравьем, аркто-альпийскими и степными группировками (парковая тундра); 7 – редкостойные сосново-берёзовые леса и сосновые леса, в восточных районах с преобладанием ели, на юге – с участием редких широколиственных пород; 8 – сосново-берёзовые и сосновые леса с редкими широколиственными породами, в восточных районах с преобладанием ели, тундровые и степные группировки местами сохраняются; 9 – берёзовые леса приатлантического сектора с обилием луговых теневыносливых трав и с участием степных растений; 10 – берёзовые леса приатлантического сектора, в южных районах с участием сосны и широколиственных пород; 11 – перигляциальная лесостепь; 12 – перигляциальная степь. **Растения:** 13 – *Picea*; 14 – *Pinus*; 15 – *Larix*; 16 – *Abies*; 17 – *Betula s. Albae*; 18 – *Betula nana*; 19 – *Juniperus*; 20 – *Ericales*; 21 – *Salix*; 22 – *Alnus*; 23 – *Corylus*; 24 – *Hippophae*; 25 – *Populus tremula*; 26 – *Artemisia*; 27 – дриасовая флора; 28 – разнотравье; 29 – широколиственные породы деревьев; 30 – луговые травы. **Прочие обозначения:** 31 – океан; 32 – ледниковые покровы; 33 – мёртвый лёд: *a* – на суше, *b* – на шельфе; 34 – приледниковые озёра; 35 – границы ледниковых покровов: *a* – установленные, *b* – предполагаемые; 36 – граница ледникового покрова в максимальную стадию оледенения, по [54]; 37 – мощность ледникового покрова; 38 – области ледораздела; 39 – ледниковые потоки и лопасти; 40 – зона возможной конвергенции ледниковых покровов; 41 – осушенный шельф; 42 – граница осушенного шельфа; 43 – граница между многолетними и сезонными льдами; 44 – айсберги; 45 – нарушенные незадернованные субстраты

Fig. 3. Maps of paleolandscapes:

A – Last Glacial Maximum (extreme phase of glaciation); *B* – Allerød optimum; *C* – Younger Dryas (maximum spread of ice sheet); *D* – Preboreal period of Holocene (optimum). Fig. *B–D* – see pages 400–402.

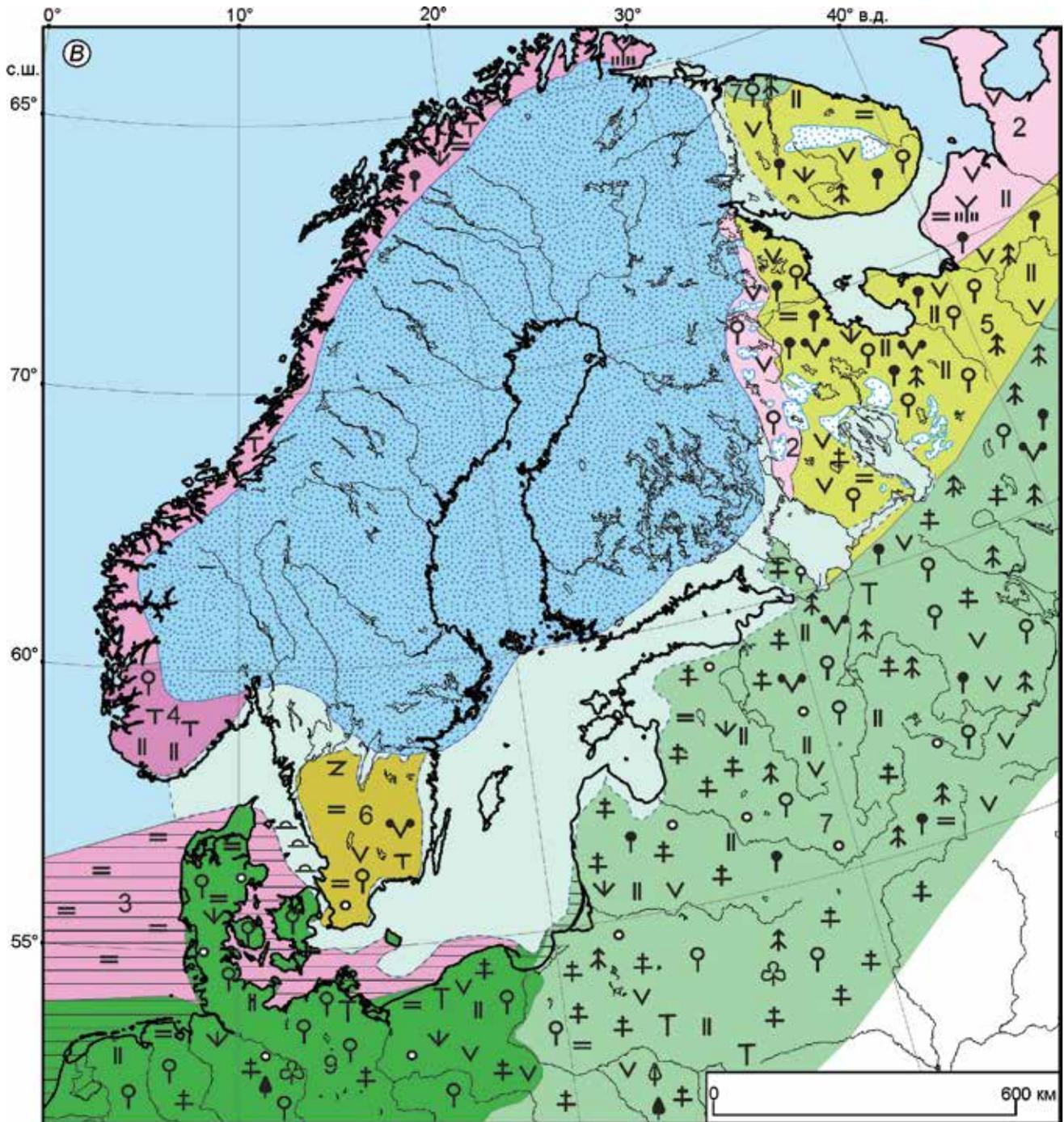
Types of vegetations: 1 – Arctic tundra with *Artemisia* and *Chenopodiaceae*; 2 – herbaceous and dwarf shrub-moss tundra with the grass and halophytic groups; 3 – Subarctic meadows with shrub-moss tundra and birch open woodland; 4 – herbaceous and dwarf shrub-moss tundra combined with pine, larch, birch open woodlands and the grass and halophytic groups; 5 – birch, pine-birch, spruce-birch open woodlands combined with herbaceous and dwarf shrub-moss tundra and the grass and halophytic groups; 6 – birch open woodlands combined with meadow herbs and arctic-alpine and the grass groups (park tundra); 7 – light pine-birch and pine forests, in the east – with a predominance of spruce, on the south – with rare broad-leaved trees; 8 – pine-birch and pine forests with rare broad-leaved trees, in the east with a predominance of spruce. Tundra communities and grass groups persist in some places; 9 – birch forests in the Atlantic Sector with an abundance of shade-tolerant meadow grasses and admixture of steppe plants; 10 – birch forests in the Atlantic Sector, in the south with pine and broad-leaved trees; 11 – periglacial forest-steppe; 12 – periglacial steppe. **Plants:** 13 – *Picea*; 14 – *Pinus*; 15 – *Larix*; 16 – *Abies*; 17 – *Betula s. Albae*; 18 – *Betula nana*; 19 – *Juniperus*; 20 – *Ericales*; 21 – *Salix*; 22 – *Alnus*; 23 – *Corylus*; 24 – *Hippophae*; 25 – *Populus tremula*; 26 – *Artemisia*; 27 – *Dryas flora*; 28 – *Herbs*; 29 – *Broad-leaved trees*; 30 – *Meadow grasses*. **Other notation:** 31 – ocean; 32 – ice sheets; 33 – dead ice: *a* – on the land, *b* – offshore; 34 – proglacial lakes; 35 – ice sheet limits: *a* – proven, *b* – supposed; 36 – ice sheet limit at the LGM by [54]; 37 – ice sheet thickness; 38 – ice-divide areas; 39 – ice streams and lobes; 40 – potential convergence (or interaction) zones of ice sheets; 41 – exposed shelf; 42 – exposed shelf boundary; 43 – boundary between perennial and seasonal ice; 44 – icebergs; 45 – disturbed grounds

менностях Германии, в состав лесной растительности входили берёза, сосна и ель; на территории Польши с брерупом совпала экспансия сосново-берёзовых лесов с примесью широколиственных пород [21]. В Балтийском секторе (к северу и югу от Балтийской котловины) располагалась обширная зона хвойных лесов [22], близких к современным южнотаёжным (см. рис. 2). Восточнее в них возрастала роль хвойных пород.

Более позднее потепление (*оддерде*, МИС 5a), сопоставляемое с круглицким в Восточно-Европейском регионе, было прохладнее. В Западной Европе доминировали леса среднетаёжного типа, в Восточной – близкие к северотаёжным.

Зоны перигляциальной тундры и берёзового редколесья значительно расширились.

Во время похолодания в стадию МИС 4 (более 70–58 тыс. л.н.) северный и юго-западный склоны ледникового покрова оканчивались на шельфе [7]. Экспансия льдов в МИС 4 имеет региональные названия – кармей в Норвегии, сандсьер в Дании, шалкхольц в Нидерландах и Германии. В северной и центральной частях Западной Европы получили развитие многолетне-мёрзлые грунты. В это время древесные породы исчезли. На северо-восточной окраине Фенноскандии, в пределах России, ледниковые средневалдайские отложения выделены только на



юго-западе Кольского полуострова. В разрезе рудника у г. Ковдор они перекрыты осадками, сопоставляемыми В.Я. Евзеровым с межстадиальными отложениями среднего валдая в разрезе Секли в Северной Финляндии [15].

К началу стадии *МИС 3* (58–28,8 тыс. л.н.) значительное улучшение климата привело к сокращению площади Скандинавского ледникового покрова, постепенно отступившего в гор-

ные ледораздельные области. Во внутренних районах Фенноскандии обширные пространства не покрывались льдами. Приледниковая зона, охватывающая склоны щита и территорию севера Западной Европы к югу от Балтийской котловины, оказалась занята тундрой. На фоне тренда к потеплению происходили кратковременные экспансии скандинавских льдов – около 50 и 41 тыс. л.н. Начиная с 30 тыс. л.н. юго-западный

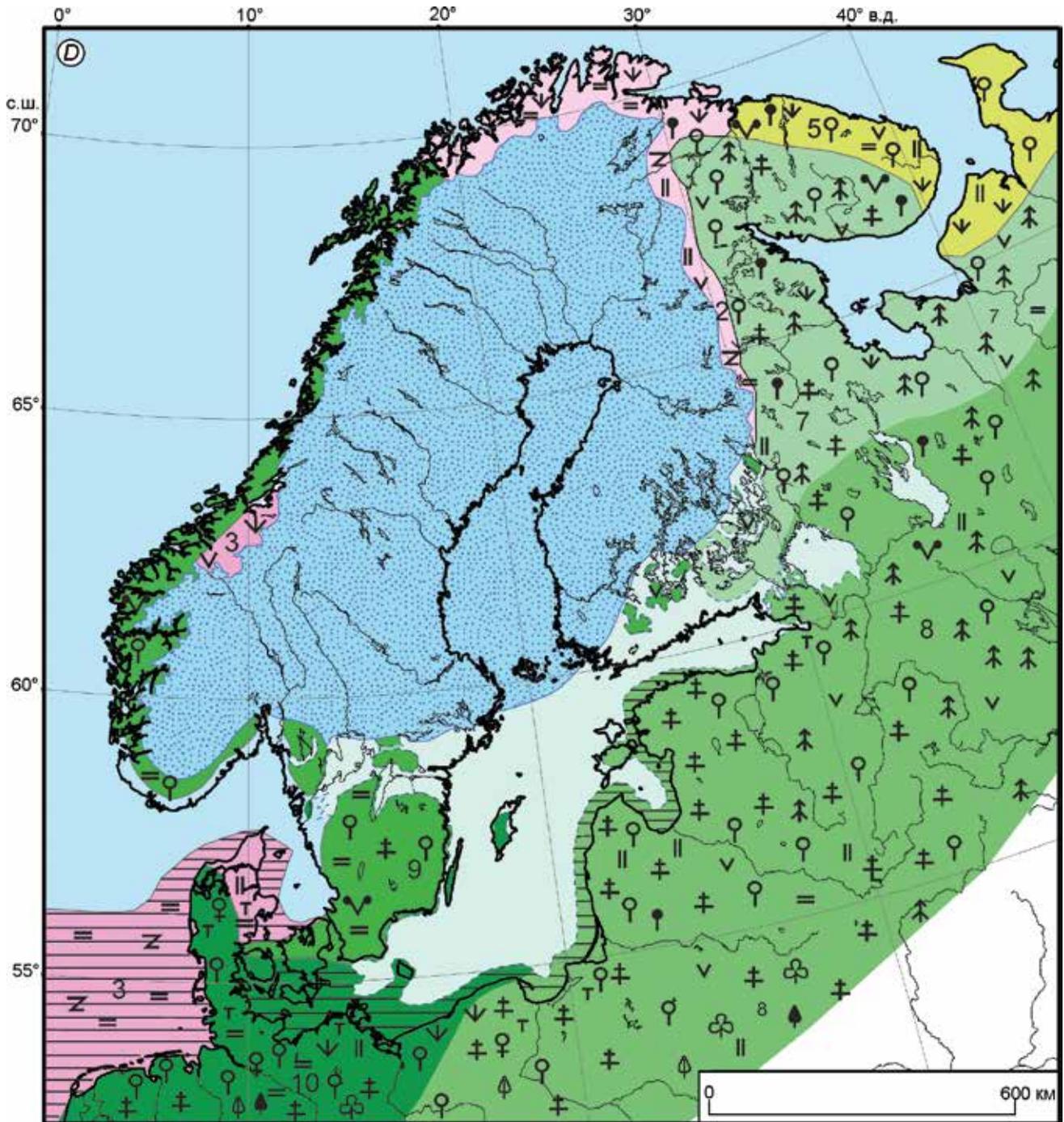


рис. 2). Наиболее ранние потепления хорошо представлены в разрезах, расположенных в бассейнах верхней Волги и Сухоны, где развивались леса, близкие к северотаёжным. В средней части МИС 3 существовал короткий этап соответствующий, согласно представлениям А.А. Величко, рангу «малого» межледниковья или брянского мегаинтервала [23], когда южнее приледниковой зоны появлялись широколиственные породы.

Интервал от последнего ледникового максимума до начала голоцена включительно. Ко времени максимального похолодания (25–23 тыс. л.н.) сократился юго-западный склон Скандинавского покрова, при этом льды южного и юго-восточного склонов продвинулись на юг за пределы Балтийской котловины и депрессий Ладожского и Онежского озёр. Северный и северо-восточный склоны ледникового покрова

были короткими и крутыми (см. рис. 3, А). В области Баренцево-морского шельфа существовали локальные ледниковые покровы и полупокровы, а также зоны, свободные от глетчерного льда [24, 25]. Дискретное состояние позднеплейстоценовой ледниковой системы в последний ледниковый максимум, согласно представлениям авторов, связано с палеоклиматической обстановкой этого времени на севере Евразии, а именно: с формированием экстроконтинентального климата, при котором рост оледенения оказался подавленным. В максимум похолодания большое развитие получили гиперзональные ландшафты с новыми типами растительности – перигляциально-тундровой и перигляциально-степной. В приледниковых ландшафтах Западной Европы были распространены формации типа субарктических лугов, равнинных кустарничковых тундр и берёзовых редколесий. На большей части территории Восточной Европы господствовали тундровые и степные сообщества с галофитными травянистыми группировками и участками листовничного и берёзового редколесья, в Балтийском секторе – соснового редколесья. Осушенный шельф вблизи северо-восточной окраины покрова был занят арктической тундрой.

Последующая дегляциация была преимущественно регрессивной с образованием последовательно расположенных маргинальных полос краевого ледникового рельефа и сохранением асимметричной формы ледникового покрова. Некоторые изменения в гляциоструктуре покрова, связанные со смещением центров оледенения и направления растекания льдов, произошли с 18 кал. тыс. л.н. (15,5 ¹⁴С тыс. л.н.) и сопровождались небольшими осцилляциями его юго-западного и южного краёв (померанская, поморская краевая зона в Западной Европе, вепсовская – на севере Восточно-Европейского региона).

Кратковременное потепление пленигляциала (около 17 кал. тыс. л.н., 14 ¹⁴С тыс. л.н.) с типичной гляциальной флорой – *Betula nana*, *Dryas octopetala*, *Salix polaris* и *Salix cf. reticulata* в сочетании с ксеро- и галофитами из семейства маревых авторами рассматривается как межфазиальное. К этому интервалу относят озёрно-болотные осадки разреза Мейендорф в Шлезвиг-Гольштейне и других разрезов Западной Германии и Центральной Польши. Однако в Мейендорфе вместе с дриасовой флорой найдены артефакты

гамбургской культуры [26], что свидетельствует о более позднем возрасте отложений. В восточном секторе покрова в связи с удалением от Атлантики это потепление не выражено.

Нарастающее потепление к началу позднеледниковья – 16,9 кал. тыс. л.н. (15 ¹⁴С тыс. л.н.) привело к уменьшению мощности Скандинавского ледникового покрова, выколаживанию его профиля и сокращению площади покрова. Оно происходило неравномерно, определяясь региональными климатическими условиями, подстилающим рельефом, тектоникой и балансом изо- и эвстатических колебаний. На восточном фланге покров сокращался быстрее, на юго-западном сохранял инициальные размеры более продолжительное время.

В позднеледниковое время, для которого характерно частое чередование потеплений с похолоданиями, на приледниковой территории сформировалась своеобразная растительность, состоявшая из сочетания лесных, тундровых и степных элементов, приспособленных к резко континентальным условиям. Наряду с ними существовали растения, свойственные грунтам с нарушенным и несформированным почвенным покровом. Состав флоры на протяжении позднеледниковья практически не менялся, изменения происходили в структуре растительных сообществ.

В раннем дриасе (16,9–14,7 кал. тыс. л.н. или 15,0–12,5 ¹⁴С тыс. л.н.) в Атлантическом секторе края западного и юго-западного склонов Скандинавского ледникового покрова располагались вблизи современной береговой линии. Норвежский жёлоб и южная окраина Норвегии освободились от льда. Льды отступили в глубь суши и на юго-западную окраину Швеции [7]. Только юго-восток Ютландии и соседний остров Зеландия оказались в зоне нового продвижения льдов (16 кал. тыс. л.н.) со стороны Балтики. В Балтийском секторе, на южном склоне ледникового покрова (Эстония), сформировалась краевая зона хаанья [7], которая коррелирует с лужской стадией в России. Возраст лужской стадии на российской территории определяется в 13,2 ¹⁴С тыс. л.н. (15,7 кал. тыс. л.н.) [26].

Приледниковая растительность этого времени в Атлантическом и на западе Балтийского сектора представляла собой субарктическую тундру. В Западной Европе (Дания и Северная Германия) раннедриасовое похолода-

ние отразилось в резком возрастании в спектрах пыльцы полыни, значительном количестве облепихи, появлении *Dryas octopetala*, *Salix herbaceae*, *Armeria maritime*, *Selaginella selaginoides* и др. Среди древесных пород встречались берёза и ива. В Нидерландах отмечено господство засухоустойчивой растительности с преобладанием *Artemisia*, участием *Helianthemum* и *Hippophae* и др. [27, 28]. Восточнее, в Литве, в более суровых климатических условиях существовала тундра (разрезы Минтурай и Гумбине), а среди представителей арктической флоры были распространены *Salix polaris*, *S. herbaceae*, *Betula nana*, *Dryas octopetala*.

Юго-восточный склон покрова во время похолодания раннего дриаса занимал на территории России депрессии Ладожского и Онежского озёр, ставшие на длительное время ледоёмами. Здесь на участках, прилегающих к полям мёртвых льдов, существовали тундровые ерnikово-зеленомошные, ивовые и полынно-маревые ассоциации с представителями аркто-альпийской флоры и растениями, произраставшими на оголённых субстратах (*Cenococcum geophillum*), а также гелиофитами [29]. На северо-востоке и севере России, в Кольско-Беломорском районе, край Скандинавского ледникового покрова находился на шельфе вблизи северо-восточной окраины Кольского полуострова, а его лопасть занимала Беломорскую котловину.

Самое раннее позднеледниковое потепление — **бёллинг** (интервал G1-1e Гренландской кривой) — длилось немногим более 600 лет — от 12,5 до 12,1 ¹⁴C тыс. л.н. (14,7 до 14,1 кал. тыс. л.н.). На севере льды ушли с континентального шельфа северо-западной Норвегии и соседнего с ним шельфа Кольского полуострова. В Атлантическом секторе они отступили в сторону суши вдоль всего северо-западного и западного побережья Фенноскандии. Береговая зона и соседние острова юго-западной Норвегии также освободились ото льдов [7]. На юго-западе Балтийского сектора край Скандинавского покрова значительно сдвинулся к северу, что привело к формированию Южно-Балтийского приледникового озера. Восточнее он ещё располагался на суше, занимая значительную часть Эстонии и северо-западные территории России.

В приледниковой зоне Атлантического сектора, а именно в Дании, где ещё оставался мёрт-

вый лёд, на освободившихся участках преобладал пионерный тип растительности: лишайники, мхи, однолетние травы, полукустарники, полярная ива. Разреженная древесная растительность распространилась позже и была представлена берёзой с подлеском из рябины, облепихи и других кустарников. Затем расселилась сосна. На открытых участках произрастала полынь, но преобладающими были различные осоки и злаковые [28]. В Нидерландах в состав пионерной флоры входил можжевельник, предшествовавший появлению берёзы. В начале и конце бёллинга происходило расселение ивы. Среднеиюльские температуры здесь не опускались ниже 10 °C [27]. В Балтийском секторе край ледника начал отступать из Ладожской депрессии. В приледниковой зоне на территории юго-восточной Литвы, побережья Финского залива, западного побережья Ладожского озера были распространены островные сосновые леса и берёзово-сосновые редколесья. Заметную роль в растительном покрове играли тундровые растения: *Betula nana*, *Selaginella selaginoides*, *Lycopodium pungens*, *Botrychium boreale* и др. [30, 31].

Юго-восточный склон ледникового покрова постепенно освобождал Онежскую депрессию. Дегляциация северного и северо-западного Прионежья происходила по ареальному типу — с образованием больших участков неподвижного льда, при таянии которого возникали разнообразие формы мёртвого льда, чему способствовал сильно расчленённый подстилающий рельеф [32, 33]. На территории водосборного бассейна Онежского озера сохранялись большие площади мёртвого льда. На освободившиеся от мёртвого льда участки распространились тундровые ерnikовые, ерnikово-зеленомошные и полынно-маревые ассоциации. Здесь постоянно присутствовали растения степей, щебнистых склонов, скал, дюн: полынь, маревые, *Ephedra*, *Polemonium*, *Polygonum bistorta* и другие ксерофиты. На северо-восточной окраине Скандинавского покрова Беломорская ледниковая лопасть в бёллинге сократилась, но продолжала занимать значительную часть котловины [34].

Волна нового похолодания — **средний дриас** — была короткой: от 12,1 до 11,9 ¹⁴C тыс. л.н. (14,1 до 13,9 кал. тыс. л.н.), поэтому Скандинавский ледниковый покров в целом оставался стабильным. Только на северо-востоке покрова Бело-

морская лопасть выдвинулась дальше прежних границ в Белое море. Слабовыраженное похолодание, особенно в дистальной части приледниковой зоны, не получило заметного отражения в составе растительности. В Атлантическом секторе приледниковые ландшафты среднего дриаса соответствовали условиям субарктической тундры. В Дании и Нидерландах часто встречались теневыносливые травянистые растения: *Filipendula cf. ulmaria*, *Fragaria cf. vesca*, *Pleurospermatum austriacum* [27].

В Балтийском секторе покрова, в окрестностях Финского залива, в состав приледниковой растительности входили ерниковые и ивняковые заросли [35, 36]. В юго-восточном континентальном секторе покрова началу похолодания в среднем дриасе отвечает накопление ленточных глин в центральной и южной частях бассейна Онежского озера. В растительных ландшафтах приледниковой зоны здесь доминировали тундровые ассоциации, в состав которых входили *Betula nana*, *Alnaster fruticosus*, *Rubus cf. chamaemorus*, *Botrychium boreale*, *Selaginella selaginoides*, *Lycopodium pungens*, *L. appressum* и др. На сухих склонах и в засоленных депрессиях развивались ксерофильные травянистые группировки с преобладанием полыней. В общем, климат среднего дриаса по сравнению с ранним дриасом был более континентальным. Об этом свидетельствуют находки в разрезах приледниковой зоны пыльцы таких растений, как *Artemisia*, *Helianthemum*, *Hippophae rhamnoides*, *Vupleurum*, *Sanguisorba minor* и др.

Последующее, особенно яркое позднеледниковое потепление — **аллерёд** — длилось более тысячи лет от 11,9 до 10,2 ¹⁴С тыс. л.н. (13,9 до 12,7 кал. тыс. л.н.) и характеризовалось климатическими колебаниями от тёплой фазы (оптимум — до ~11,2 ¹⁴С тыс. л.н.) в первой половине интерстадиала (G1-1с по Гренландской изотопной кривой) до похолодания во второй половине (G1-1b) и заключительной тёплой фазы (G1-1a). В аллерёде на территории Фенноскандии произошла значительная дегляциация, в результате которой юго-запад Скандинавского полуострова освободился от льда (см. рис. 3, В). В Атлантическом секторе юго-западный склон покрова (юго-западная Норвегия, Дания) отступил в глубь суши. Уже в начале аллерёда, после 11,9 ¹⁴С тыс. л.н. (13,9 кал. тыс. л.н.), льды оста-

лись лишь в проливе Каттегат, который служил местом разгрузки ледниковых потоков, что привело к образованию в Балтийской котловине крупного пресноводного бассейна — Балтийского приледникового озера.

В Атлантическом секторе переход к аллерёду отмечен в приледниковой зоне восстановлением лесной растительности при частичном сохранении тундровых и степных группировок и светолюбивых трав: *Gypsophila fastigiata*, *Centaurea cyanus*, *C. scabiosa* [27]. Леса распространились от низменностей Северной Европы до Прибалтики. На южной окраине приледниковой зоны появились первые широколиственные породы (см. рис. 3, В). В Дании в это время распространялись леса из *Betula pubescens* с участием *Betula verrucosa*. Среди травянистых растений преобладали многолетники, растущие на влажных лугах и в сырых лесах, особенно в ольшаниках. Состав флоры указывает на сравнительно высокую июльскую температуру — 13–14 °С [27].

В одном из разрезов аллерёда Дании (у пос. Юдеруп, о. Зеландия) в слоях гиттий с возрастом 11 890±180 ¹⁴С л.н. и 11 990±200 ¹⁴С л.н. в составе палинологических спектров установлено преобладание пыльцы берёзы (до 86%), наличие сосны (8–10%) и ивы (более 6%). В этом же разрезе найдены пресноводные моллюски *Planorbis fontanus*, *Ancylus lacustris*, *Limnaea stagnalis* и др., а также лесная фауна: бобр, медведь, рысь. На юго-западе Балтийского сектора, в южной Швеции, в оптимуме аллерёда существовали берёзовые редкостойные леса. Восточнее, от Куршского залива Балтийского моря до северного побережья Финского залива, преобладала сосна. На побережье Финского залива распространились сосново-берёзовые леса с мезофильным разнотравьем (рис. 4), а на увлажнённых участках встречалась ель [37]. При этом в понижениях сохранялись тундровые группировки, а на склонах — гелиофиты. На южной окраине приледниковой зоны и далее к востоку в лесах возрастало участие ели (рис. 5). Средние температуры января, реконструированные по палеофлористическим данным, изменялись от 17 до 19 °С, а июля — от 16 до 17 °С, т.е. были ниже современных соответственно на 2 и 1 °С. Годовая сумма осадков превышала современный показатель на 25 мм.

Юго-восточный склон ледникового покрова отступил в аллерёде с территории южной и

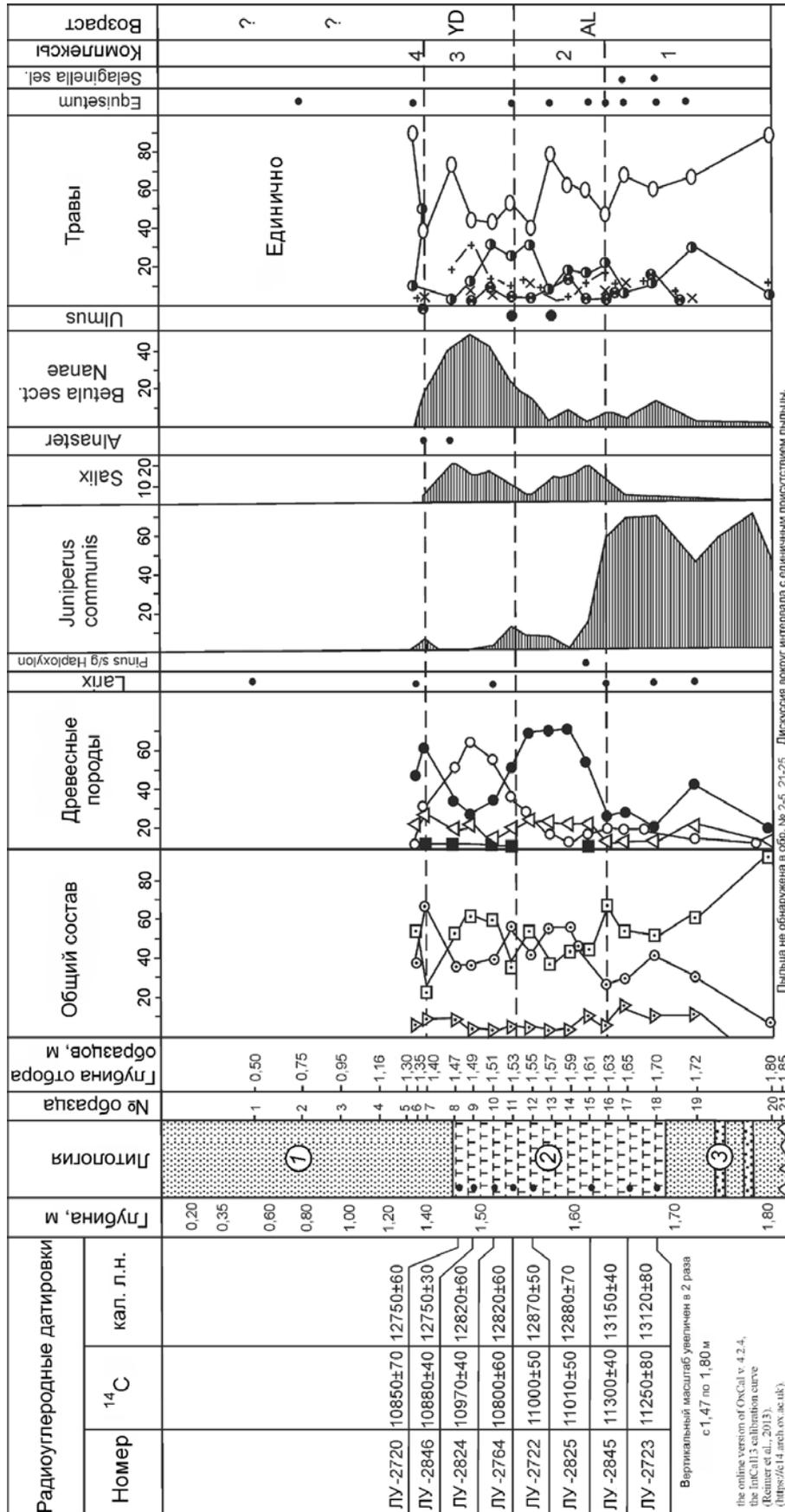


Рис. 4. Пыльцевая диаграмма разреза у дер. Келколово [37].

Литоология: 1 – песок; 2 – торф; 3 – среднезернистый песок. **Обозначения на пыльцевых диаграммах:** 1 – пыльца древесных пород; 2 – пыльца трав и кустарников; 3 – споры; 4 – *Picea*; 5 – *Pinus*; 6 – *Betula*; 7 – сумма широколиственных пород (*Q* – *Quercus*, *U* – *Ulmus* + *T* – *Tilia*, *S* – *Salix*); 8 – *Alnus*; 9 – *Corylus*; 10 – *Artemisia*; 11 – *Chenopodiaceae*; 12 – разноотравы; 13 – единичные зёрна (менее 1%)

Fig. 4. Pollen diagram of the key section sediments at Kelkolovo village [37].

Lithology: 1 – fine grained sand; 2 – peat; 3 – medium-grained sand. **Indexes on the pollen diagrams:** 1 – pollen of woody plant types; 2 – pollen of herbaceous and subshrub types; 3 – spores; 4 – *Picea*; 5 – *Pinus*; 6 – *Betula*; 7 – total amount of broad-leaved pollens (*Q* – *Quercus*, *U* – *Ulmus* + *T* – *Tilia*, *S* – *Salix*); 8 – *Alnus*; 9 – *Corylus*; 10 – *Artemisia*; 11 – *Chenopodiaceae*; 12 – forbs; 13 – singular pollen grains (less than 1%)

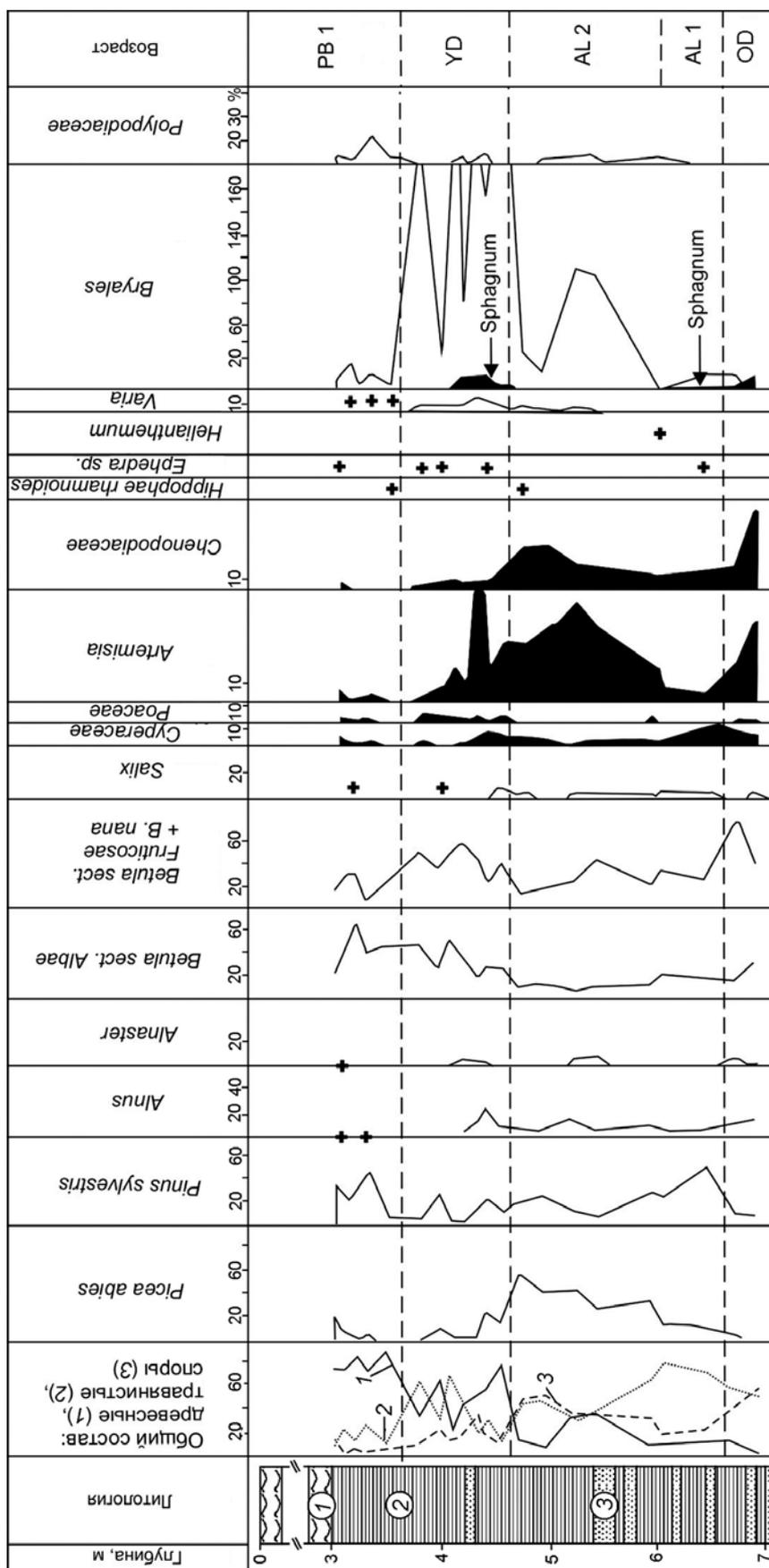


Рис. 5. Пыльцевая диаграмма отложений Валдайского озера [36]:

1 – сарпепель; 2 – глины; 3 – песок

Fig. 5. Pollen diagram of the Valdai Lake deposits [36]:

1 – sarppei; 2 – clays; 3 – песок

юго-западной Карелии в юго-восточную Финляндию, где граничил с Балтийским приледниковым озером. В оптимум аллерёда Онежское озеро достигло максимальных размеров. Площади мёртвого льда, окружавшие озеро, продолжали сохраняться до конца аллерёда, а на отдельных участках — даже до бореального времени. В малых озёрах Западного и Северо-Западного Прионежья осадконакопление началось в аллерёде, а восточнее озёрной котловины — в конце молодого дриаса и раннем голоцене.

Важным палеогеографическим фактором, повлиявшим на особенности развития приледниковой растительности на юго-восточной окраине Скандинавского ледникового покрова в аллерёде, было длительное существование холодного пресноводного бассейна в Белом море, приледниковых озёр и массивов мёртвого льда. Поэтому растительный покров не был однородным и определялся локальными условиями местообитаний, представляя собой сочетание тундровых, степных и лесных группировок. Преобладающими были польни и маревые при подчинённом значении тундровых представителей флоры. Среди последних отмечены находки *Dryas octopetale*, *Potentilla sp.*, *Pleurospermum sp.*, *Armeria sp.* и др. На песчаных грунтах распространялись псаммофиты, а на оголённых субстратах — печёночные мхи. Небольшие участки редкостойных березняков встречались лишь на Олонецком плато [38]. Наряду с такими тундровыми растениями, как *Dryas*, *Cerastium alpina*, *Saxifraga oppositifolia*, *Gentiana nivalis* и др., присутствовали *Helianthemum nummularium* и *Ephedra*. По берегам Двинского залива и Онежской губы произрастала карликовая берёза. В наземном покрове, кроме *Dryas octopetala*, встречались *Lycopodium appressum* и *Lycopodium alpinum*. К возвышенным участкам были приурочены степные группировки [39].

На северо-восточной окраине Скандинавского ледникового покрова, в Кольско-Беломорском районе, начиная с аллерёда, в котловине Белого моря у края ледника образовался холодный пресноводный бассейн. На севере Фенноскандии ледник освободил северное побережье Норвегии (п-ов Варангер). Здесь, наряду с тундровыми растениями *Dryas*, *Cerastium alpine*, *Saxifraga oppositifolia*, *Gentiana nivalis*, произрастали *Helianthemum nummularium*

и *Ephedra*, встречались участки лесотундровой растительности с елью, берёзой и сосной. На Кольском полуострове скандинавские льды отступили на юго-запад.

Мурманское побережье Кольского полуострова также освободилось от скандинавских льдов. Процесс дегляциации сопровождался гляциоизостатическим поднятием и трансгрессией морского бассейна. Морские воды проникли в пределы низменных участков побережья, где отложения аллерёда оказались местами перекрыты морским диамиктоном [40]. С началом дегляциации в озёрах, расположенных в береговой зоне, образовались локальные водоёмы, в которых шло накопление осадков от аллерёда до голоцена включительно. На отдельных участках в аллерёде создавались благоприятные климатические условия для произрастания хвойных лесов из сосны и ели, например, в низовьях и среднем течении рек Тулома и Воронья, у пос. Дальние Зеленцы.

Фаза резкого похолодания в конце аллерёда (*Intra Allerød Cold Period* или осцилляция киларни/герцензее, интервал G 1–1b в изотопных колонках Гренландии) охватила всё Северное полушарие от Северо-Американского континента до Гренландии и Европы. Похолодание нашло отражение и в континентальных осадках Северной Европы. В растительности приледниковой зоны Атлантического сектора похолодание в конце аллерёда проявилось в Дании [27]. В юго-западной Норвегии и на востоке Нидерландов с этим временем связано распространение травянистых растений из семейства осоковых, кустарников *Empetrum* и сфагновых мхов.

В Балтийском секторе на западе Северо-Германской низменности (разрезы Меерфельдер Маар и Хеммельзее) похолодание сказалось на уменьшении количества пыльцы древесных пород и увеличении содержания пыльцы трав из семейств *Gramineae* и *Cyperaceae*, а также *Artemisia* и *Filipendula* [41]. Восточнее, в приледниковых районах, ухудшение климатических условий около 11,1 ¹⁴C тыс. л.н. выразилось в увеличении количества трав и появлении ели (разрез Дукульпите в Северной Латвии [42]), которая продвинулась на север до широты Хельсинки. На юго-восточной окраине Скандинавского ледникового покрова похолодание привело к увеличению открытых пространств,

занятых берёзой, в том числе кустарниковой, и травами. Только в самой дистальной части приледниковой зоны появлялась сосна, которая в бассейне р. Сухона уступила место ели, представленной в аллереде Восточно-Европейской равнины двумя видами: *Picea exelsa* и *Picea obovata*. Эта фаза, получившая название нижнего максимума ели, отнесена М.И. Нейштадтом [3] к древнему голоцену.

На севере в конце аллереда Скандинавский ледниковый покров покинул Кольский полуостров. В ландшафтах здесь стали доминировать открытые пространства, занятые полынными, маковыми и злаковыми ассоциациями в сочетании с участками зеленомошных тундр и локальными островками ерниково-берёзового редколесья. Растительность была обогащена арктическими элементами флоры, а также пионерными, горно-луговыми и степными видами из семейства маревых и рода эфедр.

Глобальное похолодание *позднего дриаса* (12,65–11,59±100 кал. тыс. л.н.) прервало общий тренд дегляциации. Граница аллереда/поздний дриас представляет собой рубеж, после которого смена палеогеографических обстановок происходила ещё быстрее, чем раньше. Похолодание сопровождалось наступанием льдов по всей периферии покрова, оставивших краевые морены, которые формировались в течение всего дриаса. От максимальных позиций льды отступили после 12,5 кал. тыс. л.н., что привело к спуску Балтийского приледникового озера (см. рис. 3, С). Скорость дегляциации достигла нескольких сотен метров в год. Снижение температуры и усиление континентальности климата происходило в направлении с запада на восток. Очень низкие средние температуры января, до –21 °С, реконструируются по фауне жёсткокрылых, а также по результатам изучения следов перигляциальных процессов. Палеоботанические же данные показывают, что январские температуры в приледниковой зоне Западной Европы были на 6–8 °С ниже современных. В приледниковой зоне Восточной Европы на территории Беларуси (разрезы Чернихово и Судoble) средние температуры января оцениваются ниже современных на 6 °С [43]. Восточнее похолодание было выражено ярче: средние температуры января в бассейне Верхней Волги были ниже современных на 10 °С, что отразилось в характере

растительности приледниковой зоны на западе и востоке Фенноскандии.

В приледниковой зоне на юго-западной окраине Скандинавского ледникового покрова, в его Атлантическом секторе распространились кустарники и травы. В разрезах отмечено обилие перигляциальных компонентов флоры. При деградации лесной, болотной и прибрежно-водной растительности возросла роль полыни, осоковых, теневыносливых трав, среди которых – *Pleurospermum austriacum*. Однако сосна и берёза полностью не исчезли (разрез Борнхольм на юге Дании), что говорит о присутствии участков берёзовых редколесий. В приледниковой зоне Балтийского сектора Скандинавского ледникового покрова произошла полная деградация лесной растительности, которая сменилась растительностью холодных степей с тундровыми группировками. Восточнее, в северо-западных районах Восточно-Европейской равнины (Валдайская возвышенность) свидетельство суровых климатических условий – наличие тундровой растительности с *Betula nana* и *Dryas octopetala*. На северной окраине Фенноскандии (Мурманское побережье) результаты диатомового и спорово-пыльцевого анализа, полученные по озёрным осадкам [40], указывают на холодный и резко континентальный климат. Здесь доминирующие позиции в растительном покрове, наряду с тундровыми растениями, занимали ксерофиты и полынь. В юго-восточной Карелии в начале позднего дриаса тундровая растительность сочеталась с аркто-альпийскими и степными группировками. Значительную роль играли ерниково-зеленомошные и травяно-кустарничково-зеленомошные ассоциации. Среди трав преобладали полыни и маревые. В межрядовых понижениях и долинах рек могли сохраниться участки берёзовых и ольховых редколесий [39].

В середине позднего дриаса, согласно палеоботаническим данным, выделяется относительное потепление климата, вызвавшее сначала миграцию пионерной флоры на свободную ото льда территорию, а затем появление берёзовых редколесий. О появлении лесных сообществ свидетельствуют находки *Lycopodium complanatum*. В заключительную стадию позднего дриаса в растительном покрове юго-востока Карелии доминирующими вновь становятся травянисто-ку-

старничковые формации с ксерофитами в условиях сильного развития криогенных процессов.

Переход от позднего дриаса к раннему голоцену — **пребореальному периоду** — характеризуется более заметным, чем в аллерёде, улучшением климатических условий. В морских и континентальных разрезах Атлантики верхняя граница позднего дриаса хорошо выражена на уровне $10,3^{14}\text{C}$ тыс. л.н. (11,6 кал. тыс. л.н.). На северо-западе России, по данным изучения озёрных осадков, она проявляется на 500 лет позднее [44]. Льды отступили в сторону ледоразделов, а на северо-западной окраине — в глубь суши (см. рис. 3, D). В приледниковой зоне в Атлантическом секторе покрова подъём температуры сопровождался расселением влаголюбивых травянистых многолетников, за которыми следовали осинники, березняки и сосна. В ландшафтах появились ольха и орешник. Водная растительность обогатилась теплолюбивыми видами: *Myriophyllum verticillata*, *Scirpus lacustris*, *Typha latifolia*, *Ceratophyllum sp.* [27].

В Южной Швеции нижняя граница пребореала намечается по резкому падению количества пыльцы трав и возрастанию общего содержания древесных пород — берёзы и сосны. В оптимуме пребореала отмечено присутствие пыльцы дуба [4]. Восточнее, в Балтийском секторе покрова, перигляциальные ландшафты позднего дриаса сменились бореальными лесами на юге приледниковой зоны. Именно на территории Беларуси встречались сосновые и сосново-берёзовые леса местами с елью, примесью ольхи, орешника и редких широколиственных пород [45], хотя перигляциальная растительность не исчезла даже в оптимуме пребореала.

Ледниковый покров уже не оказывал сильного охлаждающего влияния на окружающую территорию в связи с уменьшением его мощности и размеров, в первую очередь, за счёт сокращения восточного и юго-восточного флангов и освобождения ото льда Ботнического залива. Однако в первой половине пребореала в приледниковой зоне в пределах юго-восточного континентального сектора (Карелия) ещё оставались поля мёртвого льда. Только в оптимуме пребореала здесь появились леса, близкие к современным северотаёжным [39, 46]. Пребореальный период можно рассматривать как начальный этап становления современных природных зон, когда

получили распространение сомкнутые леса с участием широколиственных пород, однако на некоторых участках ещё сохранялась перигляциальная растительность.

На северной окраине Фенноскандии, начиная с пребореала, происходила регрессия моря, продолжавшаяся до второй половины атлантического периода. Северо-западный склон Скандинавского ледникового покрова в пребореале отступил в глубь суши, освободив п-ов Варангер (Норвегия). На побережье Баренцева моря распространились вересковые пустоши и травянистые многолетники. Из семейства папоротников присутствовали обитатели горных областей. На северо-восточной окраине Фенноскандии льды полностью освободили Кольский полуостров, приблизившись вплотную к современной российско-финской границе. В низовьях рек господствовали еловые и сосновые формации, в среднем течении преобладали берёзовые редколесья с участием сосны и ели, плаунов и папоротников в наземном покрове. Берёзовые леса были приурочены только к выходам валунных суглинков.

Последующее таяние остаточных массивов льда в Финляндии завершилось $8,5^{14}\text{C}$ тыс. л.н., а во время литориновой трансгрессии (последняя стадия Балтийского озера) остались только горные ледники, существующие и сейчас.

Заключение

В послемиксулинские похолодания Скандинавский ледниковый покров занимал сначала обширную горную область в пределах Скандинавского полуострова (МИС 5d), позднее он вышел на шельф Баренцевоморского Арктического бассейна. Похолодания привели к повсеместному формированию субарктических ландшафтов. К востоку степень аридизации климата увеличивалась, а в ландшафтах возрастала роль полыней и маревых. Распространение лесной растительности в раннеледниковые произошло лишь во время интерстадиалов бреруп и оддерале, когда оледенением были заняты только отдельные горные области.

Во время экспансии скандинавских льдов в стадию МИС 4 (70–60 тыс. л.н.) в северной и центральной частях Западной Европы про-

изошла деградация лесной растительности. На открытых пространствах расселилась степная растительность, широкое развитие получили многолетнемерзлые грунты.

В стадию МИС 3 во время обширной дегляциации во внутренних районах Фенноскандии большие пространства не покрывались льдами. На фоне тренда к потеплению происходило чередование тёплых и холодных фаз, сопровождавшееся кратковременными экспансиями скандинавских льдов, что приводило к перестройке растительного покрова. В приледниковой зоне лесная растительность не успевала восстановиться, но южнее в самом тёплом интервале в средней части МИС 3 появлялись широколиственные породы.

Наиболее суровые климатические условия установились в эпоху максимума последнего оледенения: 23–20 кал. тыс. л.н, когда получили большое развитие гиперзональные ландшафты с новыми типами растительности. До начала позднеледниковья дегляциация была преимущественно фронтальной с сохранением асимметрии склонов. Юго-западная окраина покрова сохраняла свои инициальные размеры более продолжительное время. В позднеледниковье в условиях быстрой смены похолоданий и потеплений и различия в темпах деградации покрова на разных его флангах состав флоры в растительном покрове

приледниковой зоны сохранялся, будучи приспособленным к резко континентальным условиям. Однако структура растительных сообществ менялась. На переходе от позднего дриаса к раннему голоцену, когда ледниковый покров не оказывал сильного охлаждающего влияния на окружающую территорию, началось становление современной широтной зональности, что отразилось в смене растительных сообществ.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-05-01033 А (В.В. Писарева, Н.В. Карпухина), а также программы Президиума РАН «Изучение новых глобальных и локальных факторов изменения экологических систем и биоресурсов Арктики», проект «Роль многолетней мерзлоты и оледенений в формировании экосистем арктической зоны» (А.А. Величко, М.А. Фаустова).

Acknowledgment. The reported study was funded by RFBR according to the research project № 17-05-01033 А (V.V. Pisareva, N.V. Karpukhina) and the program of the Presidium Russian Academy of Sciences «Studies of new global and local factors changes in ecosystems and biological resources of the Arctic», project «The role of permafrost and glaciations in the formation of ecosystems of the Arctic zone» (A.A. Velichko, M.A. Faustova).

Литература

1. Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет: Атлас-монография / Ред. И.П. Герасимов и А.А. Величко. М.: Наука, 1982. С. 239–251.
2. Чеботарева Н.С., Макарычева И.А. Последнее оледенение Европы и его геохронология / Ред. А.А. Величко и М.И. Нейштадт. М.: Наука, 1974. 216 с.
3. Нейштадт М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Наука, 1957. 404 с.
4. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 198 с.
5. Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.
6. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен: Атлас-монография / Отв. ред. А.А. Величко. М.: ГЕОС, 2009. 120 с.

References

1. *Paleogeografiya Evropy za poslednie sto tysyach let (Atlas-monografiya)*. Paleogeography of Europe during the last one hundred thousand years (Atlas-monograph). Moscow: Nauka, 1982: 239–251 p. [In Russian].
2. *Chebotareva N.S., Makarycheva I.A. Poslednee oledenenie Evropy i ego geohronologiya*. Last glaciation of Europe. Moscow: Nauka, 1974: 216 p. [In Russian].
3. *Neustadt M.I. Istoriya lesov i paleogeografiya SSSR v Golotsene*. History of forests and paleogeography of the USSR in the Holocene. Moscow: Nauka, 1957: 404 p. [In Russian].
4. *Khotinsky N.A. Golotsen Severnoy Evrazii*. Holocene of the North Eurasia. Moscow: Nauka, 1977: 198 p. [In Russian].
5. *Grichuk V.P. Istoriya flory i rastitel'nosti Russkoy ravniny v pleystotsene*. The history of flora and vegetation of the Russian Plain in the Pleistocene. Moscow: Nauka, 1989: 183 p. [In Russian].
6. *Paleoklimaty i paleolandshafty vnetropicheskogo prostranstva Severnogo polushariya. Pozdny plejstotsen – Golocen*.

7. Quaternary glaciations—extent and chronology. A closer look. *Developments in Quaternary Science* 15 / Eds.: J. Ehlers, P.L. Gibbard, P.D. Hughes. Amsterdam: Elsevier, 2011. 1108 p.
8. *Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I.* The last Eurasian ice sheets—a chronological database and time—slice reconstruction, DATED—1 // *Boreas*. 2015. V. 45. № 1. P. 1—45.
9. *Behre K.-E.* Biostratigraphy of the last glacial period in Europe // *Quaternary Science Reviews*. 1989. V. 8. № 1. P. 25—44
10. Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24—8 тыс. л.н.) / Отв. ред. А.К. Маркова и Т. ван Кольфсхотен. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2008. 556 с.
11. Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Documentation of the Data base Word Data Center — A for Paleoclimatology NOAA-NGDC Program Boulder, Colorado, USA / Eds.: P.E. Tarasov, M.Ya. Pushenko, S.P. Harrison, L. Saarse, A.A. Andreev, Z.V. Aleshinskaya, N.N. Davydova, N.I. Dorofeyuk, Yu.V. Efremov, G.A. Elina, Ya.K. Elovicheva, L.V. Filimonova, V.S. Gunova, V.I. Khomutova, E.V. Kvavadze, I.Yu. Neustrueva, V.V. Pisareva, D.V. Sevastyanov, T.S. Shelekhova, D.A. Subetto, O.N. Uspenskaya, V.P. Zernitskaya. *Paleoclimatology Publication Series Report*. 1996. № 5. 224 p.
12. *Kukla G.J., Bond G., Broecker W.S., Gavin J.E., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Cleveringa P., Herbert T.D., Imbrie J., Jouzel J., Keigwin L.D., McManus J.F., Knudsen K.-L., Merkt J., Muhs D.R., Müller H., Poore R.Z., Winograd I.J., Porter S.C., Seret G.* Last Interglacial Climates // *Quaternary Research*. 2002. V. 58. № 1. P. 2—13.
13. *Litt T., Gibbard P.* Definition of a Global Stratotype Section and Point (GSSR) for the base of the Upper (Late) Pleistocene Subseries (Quaternary System/Period) // *Episodes*. 2008. V. 31. № 2. P. 260—263.
14. *Молодьков А.Н., Раукас А.В., Makeev В.М., Барановская О.Ф.* 1992. К ЭПР-хроностратиграфии морских отложений Северной Евразии и их корреляции с событиями плейстоцена // *Геохронология четвертичного периода*. М.: Наука. С. 41—46.
15. *Helmens K.F.* The Last Interglacial—Glacial cycle (MIS 5—2) re-examined based on the long proxy records from central and northern Europe // *Quaternary Science Reviews*. 2014. V. 86. P. 115—143.
16. *Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковье и переходные этапы климатических макроциклов / Ред. О.К. Борисова. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- Atlas-monografiya.* Paleoclimates and paleoenvironments of extra-tropical area of the Northern Hemisphere. Late Pleistocene — Holocene. Atlas-monograph. Moscow: GEOS. 2009: 120 p. [In Russian].
7. Quaternary Glaciations — Extent and Chronology. A Closer look. V. 15. Amsterdam, Elsevier, 2011: 1108 p.
8. *Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I.* The last Eurasian ice sheets — a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas*. 2015, 45 (1): 1—45.
9. *Behre K.E.* Biostratigraphy of the last glacial period in Europe. *Quaternary Science Reviews*. 1989, 8 (1): 25—44.
10. Evolution of European ecosystems during Pleistocene-Holocene transition (24— kyr BP). Moscow: KMK Scientific Press, 2008: 556 p.
11. Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Documentation of the Data base Word Data Center — A for Paleoclimatology NOAA-NGDC Program Boulder, Colorado, USA, Paleoclimatology Publication Series Report No. 5. 1996: 224 p.
12. *Kukla G.J., Bond G., Broecker W.S., Gavin J.E., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Cleveringa P., Herbert T.D., Imbrie J., Jouzel J., Keigwin L.D., McManus J.F., Knudsen K.-L., Merkt J., Muhs D.R., Müller H., Poore R.Z., Winograd I.J., Porter S.C., Seret G.* Last Interglacial Climates. *Quaternary Research*. 2002, 58 (1): 2—13.
13. *Litt T., Gibbard P.* Definition of a Global Stratotype Section and Point (GSSR) for the base of the Upper (Late) Pleistocene Subseries (Quaternary System/Period). *Episodes*. 2008, 31 (2): 260—263.
14. *Molod'kov A., Raukas A., Makeev V.M., Baranovskaya O.F.* On ESR-chronostratigraphy of the Northern Eurasia marine deposits and their correlation with the Pleistocene events. *Geokhronologiya chetvertichnogo perioda*. *Geochronology of the Quaternary Period*. Moscow: Nauka, 1992: 41—46. [In Russian].
15. *Helmens K.F.* The Last Interglacial—Glacial cycle (MIS 5—2) re-examined based on the long proxy records from central and northern Europe. *Quaternary Science Reviews*. 2014, 86: 115—143.
16. *Novenko E.Yu.* *Izmeneniya rastitel'nosti i klimata Tsentral'noy i Vostochnoy Evropy v pozdnem pleystotsene i golotsene v mezhlednikov'e i perekhodnye etapy klimaticheskikh makrotsiklov*. Vegetation and climate changes in Central and Eastern Europe in the late Pleistocene and Holocene interglacial climatic and transitional stages macrocycles. Ed. O.K. Borisova. Moscow: GEOS, 2016: 228 p. [In Russian].
17. *Bauman K.-H., Lackschwitz K.S., Mangerud J., Spielhagen R.F., Wolf-Welling T.C.W., Heinrich R.* Scandinavian Ice Sheet Fluctuations in Norwegian Sea Sediments during the 150,000 years. *Quaternary Research*. 1995, 43 (2): 185—197.
18. *Glaznev V.N., Kukkonen I.T., Raevskiy A.B., Yokinen Ya.* New data on thermal flow in the central part of the Kola

17. *Bauman K.-H., Lackschwitz K.S., Mangerud J., Spielhagen R.F., Wolf-Welling T.C.W., Heinrich R.* Reflection of Scandinavian Ice Sheet fluctuations in Norwegian Sea sediments during the 150,000 years // *Quaternary Research*. 1995. V. 43. № 2. P. 185–197.
18. *Глазнев В.Н., Кукконен И.Т., Раевский А.Б., Ёкин Я.* Новые данные о тепловом потоке в центральной части Кольского п-ова // *ДАН*. 2004. Т. 396. № 1. С. 102–104.
19. *Евзеров В.Я.* Позднеплейстоценовые и голоценовые оледенения в районе Ловозерских тундр на Кольском полуострове // *Изв. РГО*. 2010. Т. 142. Вып. 4. С. 65–80.
20. *Andersen S.T.* Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian (Last Glacial) // *Danmarks geologiske undersøgelse*. 1961. V. 2. № 75. P. 1–175.
21. *Комар М.С.* Палинофлора как индикатор палеогеографических условий на территории Польши в позднем плейстоцене // *Соврем. проблемы палеофлористики: Вып. 1*. М.: ГЕОС, 2005. С. 173–177.
22. *Кондратене О.П.* Стратиграфия и палеогеография квартера Литвы по палеоботаническим данным. Вильнюс: Academia, 1996. 216 с.
23. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Писарева В.В., Фаустова М.А.* Хроностратиграфические подразделения четвертичной системы по материалам исследования ледниковых и перигляциальных областей Восточно-Европейской равнины // *Материалы Всерос. конф. «Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства» (Москва, 23–25 мая 2013)* / Отв. ред. М.А. Федонкин. М.: изд. Геологич. ин-та РАН, 2013. С. 379–381.
24. *Павлидис Ю.А., Богданов Ю.А., Левченко О.В., Мурдмаа И.О.* Новые данные о природной обстановке в Баренцевом море в конце валдайского ледниковья // *Океанология*. 2005. Т. 45. № 1. С. 92–106.
25. *Величко А.А., Фаустова М.А., Кононов Ю.М.* Геохронология, распространение и объем оледенения Земли в последний ледниковый максимум в свете новых данных // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2000. Т. 8. № 1. С. 3–16.
26. *Долуханов П.М., Вигдорчик М.Е., Знаменская О.М., Саммет Э.Ю.* Локальные различия в развитии растительности Северной Европы в позднее- и послеледниковое время и проблема датировки археологических культур // *Baltica*. 1967. № 3. С. 251–271.
27. *Iversen J.* The late glacial flora of Denmark and inter-relation to climate and soil // *Danmarks Peninsula. Doklady Akademii Nauk. Proc. of the Academy of Sciences*. 2004, 396 (1): 102–104.
19. *Евзеров В.Я.* Late Pleistocene and Holocene glaciations near Lovozero tundra on the Kola Peninsula. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva. Proc. of the Russian Geographical Society*. 2010, 142 (4): 65–80. [In Russian].
20. *Andersen S.T.* Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian (Last Glacial). *Danmarks geologiske undersøgelse*. Copenhagen. 1961, 2 (75): 1–175.
21. *Komar M.S.* Palynofloras are an indicator of paleogeographic conditions in Poland in the late Pleistocene. *Sovremennyye problemy paleofloristiki, paleofitogeografii i fitostratigrafii: trudy mezhdunarodnoy paleobotan. konf. Modern problems of paleofloristic. Issue 1.* Moscow: GEOS, 2005: 173–177. [In Russian].
22. *Kondratene O.* *Stratigrafiya i paleogeografiya kvartera Litvy po paleobotanicheskim dannym.* Stratigraphy and Paleogeography of Quaternary in Lithuania. Vilnius: Academia, 1996: 216 p. [In Russian].
23. *Velichko A.A., Morozova T.D., Pisareva V.V., Faustova M.A.* Chronostratigraphic subdivision of the Quaternary based on studies of glacial and periglacial regions of the East European Plain. *Obshhaya stratigraficheskaya shkala Rossii: sostoyanie i perspektivy obustroystva. General stratigraphic scale of Russia: current state and ways of perfection. Proc. of the all-Russian conference (Moscow, May 23–25, 2013).* Moscow: GIN RAS, 2013: 379–381. [In Russian].
24. *Pavlidis Y.A., Bogdanov Y.A., Levchenko O.V., Murdmaa I.O., Tarasov G.A.* New data on the natural environment of the Barents Sea at the end of the Valdai Glaciation. *Okeanologiya*. 2005, 45 (1): 92–106.
25. *Velichko A.A., Faustova M.A., Kononov Yu.M.* Geochronology, distribution and volume of the Earth glaciation in the last glacial maximum in the light of new data. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya. Stratigraphy. Geological Correlation*. 2000, 8 (1): 3–16. [In Russian].
26. *Dolukhanov P.M., Vighdorzhik M.E., Znamenskaya O.M., Sammet E.Yu.* Local differences in vegetation Evolution of Northern Europe and the problem of dating of Stone Age cultures. *Baltica*. 1967, 3: 251–271. [In Russian].
27. *Iversen J.* The Late glacial flora of Denmark and inter-relation to climate and soil. *Danmarks geologiske undersøgelse*. 2. Raekke. 1954, 80: 87–119.
28. *Bennike O., Sarmaja-Korjonen, Seppanen A.* Reinvestigation of the classic Late-glacial Bolling So sequence, Denmark: chronology, macrofossils, Cladocera and chydorid ephippia. *Journ. of Quaternary Science*. 2004, 19 (5): 465–478.
29. *Lavrova N.B.* Development of the vegetation in the basin of Lake Onega in the course of degradation of the last glaciation. *Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii. Geology and useful minerals of Karelia*. 2005, 8: 143–148. [In Russian].

- geologiske undersøgelse. 2. Raekke. 1954. № 80. P. 87–119.
28. Bennike O., Sarmaja-Korjonen, Seppanen A. Rein-vestigation of the classic Late-glacial Bolling So sequence, Denmark: chronology, macrofossils, Cladocera and chydorid ehippia // Journ. of Quaternary Science. 2004. V. 19. № 5. P. 465–478.
 29. Лаврова Н.Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии: Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 143–148.
 30. Кабайлене М.В. Некоторые вопросы стратиграфии и палеогеографии голоцена юго-восточной Литвы // Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена юго-восточной Литвы: Вып. II. Вильнюс: Минтис, 1965. С. 302–335.
 31. Малясова Е.С., Спиридонова Е.А. Новые данные по стратиграфии и палеогеографии Карельского перешейка // Baltica. 1967. Вып. II. С. 115–125.
 32. Демидов И.Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии: Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134–142.
 33. Wohlfarth B., Bennike O., Brunnberg L., Demidov I., Possnert G., Vyahirev S. AMS ¹⁴C measurements and makrofossil analyses of varved sequence near Pudozh, eastern Karelia // Boreas. 1999. V. 29. P. 575–586.
 34. Малясова Е.С. Палинология донных осадков Белого моря и ее стратиграфическое значение // Палинология голоцена. М.: Наука, 1971. С. 74–90.
 35. Пиррус Р.О. О результатах количественного видового анализа пыльцы и спор при изучении позднеледниковых отложений на примере разреза Визусты (Южная Эстония) // Палинологические исследования в Прибалтике. Рига: Зинатне, 1971. С. 127–133.
 36. История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины / Ред. В.И. Хомутова, Н.Н. Давыдова, А.В. Раукас, А.Ф. Трешников. СПб.: Наука, 1998. 404 с.
 37. Краснов И.И., Арсланов Х.А., Казарцева Т.И., Тертычная Т.В., Чернов С.Б., Плешивцева Э.С. Опорный разрез верхнеплейстоценовых отложений в Приневской низменности в карьере Келколово // Региональная геология и металлогения. 1995. № 4. С. 88–99.
 38. Лаврова Н.Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2006. № 9. С. 183–188.
 39. Филимонова Л.В. История растительности в позднеледниковье и голоцене на территории
 30. Kabaylienė M.V. Some problems of Holocene stratigraphy and palaeogeography in south-east Lithuania. *Stratigrafiya chetvertichnykh otlozheniy i paleogeografiya antropogena yugo-vostochnoy Litvy. Trudy Instituta Geologii.* The stratigraphy of Quaternary sediments and Quaternary paleogeography southeastern Lithuania. Proc. of the Institute of Geology, 2. Vilnius, 1965: 302–335. [In Russian].
 31. Malyasova E.S., Spiridonova E.A. New data on the stratigraphy and paleogeography of Karelian Isthmus in the Holocene. *Baltica*, 1967, II: 115–125. [In Russian].
 32. Demidov I.N. Degradation of the Late Valdai Glaciation in Onega Lake basin. *Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii.* Geology and useful minerals of Karelia. Issue 8. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS, 2005: 134–142. [In Russian].
 33. Wohlfarth B., Bennike O., Brunnberg L., Demidov I., Possnert G., Vyahirev S. AMS ¹⁴C measurements and makrofossil analyses of varved sequence near Pudozh, eastern Karelia. *Boreas*. 1999, 29: 575–586.
 34. Malyasova E.S. Palynology of the bottom sediments of the White Sea and its stratigraphic significance. *Palinologiya Golotsena.* Palynology of Holocene. Moscow: Nauka, 1971: 74–90. [In Russian].
 35. Pirrus R.O. On results of spore-and-pollen quantitative analysis of plant species when investigating Late-Glacial deposits, cross-section Vizusti in the Southern Estonia as an example. *Palinologicheskie issledovaniya v Pribaltike.* Palynological Researches in the Baltic Soviet Republics. Riga: Zinatne, 1971: 127–132. [In Russian].
 36. *Istoriya pleistotsenovykh ozer Vostochno-Evropeyskoy ravniny.* The history of Pleistocene lakes at the East European plain. St. Petersburg: Nauka, 1998: 404 p. [In Russian].
 37. Krasnov I.I., Arslanov Kh.A., Kazantseva T.I., Tertychnaya T.V., Chernov S.B., Pleshivtseva E.S. The sequence of the Upper Pleistocene deposits in the Neva Lowland in Kelkolovo career. *Regional'naya geologiya i metallogeniya.* Regional geology and metallogeny. 1995, 4: 88–99. [In Russian].
 38. Lavrova N.B. Some features of the composition of the spore-pollen spectra in the Late Glacial deposits of Olonets Plateau. *Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii.* Geology and useful minerals of Karelia. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS. 2006, 9: 183–188. [In Russian].
 39. Filimonova L.V. Vegetation history in the «Tolvajarvi» nature reserve in the Late glacial and Holocene. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN.* Proc. of the Karelian Research Centre of RAS. Petrozavodsk, 2014, 2: 3–13. [In Russian].
 40. Snyder J.A., MacDonald G.M., Forman S.L., Tarasov P.E., Mode W.N. Postglacial climate and vegetation history, north-central Kola peninsula, Russia: pollen and diatom records from Lake Yarnishnoe-3. *Boreas*. 2000, 29: 261–271.

- заказника «Толвоярви» (Карелия) // Тр. Карельского науч. центра РАН. 2014. № 2. С. 3–13.
40. Snyder J.A., MacDonald G.M., Forman S.L., Tarasov P.E., Mode W.N. Postglacial climate and vegetation history, north-central Kola peninsula, Russia: pollen and diatom records from Lake Yarnishnoe-3 // *Boreas*. 2000. V. 29. P. 261–271.
 41. Litt T., Brauer A., Goslar T., Merkt J., Balaga K., Müller H.-J., Ralska-Jasiewiczowa M., Stebich M., Negendank J.F. Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments // *Quaternary Science Reviews*. 2001. V. 20. P. 1233–1249.
 42. Бартош Т.Д. Геология и ресурсы пресноводных известковых отложений голоцена. Средняя полоса Европейской части СССР. Рига: Зинатне, 1976. 258 с.
 43. Velichko A.A., Catto N., Klimanov V.A., Drenova A.N., Nechaev V. Climatic changes in East Europe and Siberia at the late glacial Holocene transition // *Quaternary International*. 2002. V. 91. P. 75–99.
 44. Субетто Д.А., Давыдова Н.Н., Сапелко Т.В., Вольфарт Б., Вастегорд С., Кузнецов Д.Д. Климат северо-запада России на рубеже плейстоцена и голоцена // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2003. № 5. С. 1–12.
 45. Еловичева Я.К. Палинология позднеледниковья и голоцена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1993. 94 с.
 46. Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 240 с.
 47. Пleshivtseva Э.С. Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения отложений верхнего плейстоцена и голоцена Северо-Двинской впадины: Дис. на соиск. уч. степ. канд. геол.-минер. наук. Л.: ЛГУ, 1971. 22 с.
 48. История озёр Восточно-Европейской равнины. СПб.: Наука, 1992. 262 с.
 49. Величко А.А., Кременецкий К.В., Негеданк И., Минграм И., Борисова О.К., Грибченко Ю.Н., Зеликсон Э.М., Климанов В.А., Новенко Ю.Н., Пирумова Л.Г., Писарева В.В., Разумовский Л.В., Тимирева С.Н. Позднечетвертичная история окружающей среды северо-восточной области Европы (Костромское Заволжье) по данным комплексного изучения осадков Галичского озера // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2001. № 3. С. 42–54.
 50. Санько А.Ф. Неоплейстоцен северо-восточной Белоруссии и смежных районов РСФСР / Ред. А.В. Матвеев. Минск: Наука и техника, 1987. 177 с.
 41. Litt T., Brauer A., Goslar T., Merkt J., Balaga K., Müller H.-J., Ralska-Jasiewiczowa M., Stebich M., Negendank J.F. Correlation and synchronisation of Late glacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. *Quaternary Science Reviews*. 2001, 20: 1233–1249.
 42. Bartosh T.D. *Geologiya i resursy presnovodnykh izvestkovykh otlozheniy golotsena. Srednyaya polosna Evropeyskoy chasti SSSR*. Geology and resources of Holocene freshwater calcareous deposits: middle zone of the European part of the USSR. Riga: Zinatne, 1976: 258 p. [In Russian].
 43. Velichko A.A., Catto N., Klimanov V.A., Drenova A.N., Nechaev V. Climatic changes in East Europe and Siberia at the late glacial Holocene transition. *Quaternary International*. 2002, 91: 75–99.
 44. Subetto D.A., Davydova N.N., Sapelko T.V., Wohlfarth B., Wastegard S., Kuznetsov D.D. Climate of North-West Russia during the Pleistocene – Holocene Transition. *Izvestiya Ross. Akad. Nauk, Seriya Geogr. Proc. of the RAS, Geographical Series*. 2003: 5, 1–12. [In Russian].
 45. Yelovicheva Ya.K. *Palinologiya Pozdnelednikovya i Golotsena Belorussii*. Palynology of Late Glacial and Holocene of Belarus. Minsk: Science and Technique, 1993: 94 p. [In Russian].
 46. Elina G.A., Lukashov A.D., Yurkovskaya T.K. *Pozdnelednikov'e i golotcen vostochnoy Fennoskandii (paleorastitelnost' i paleogeografiya)*. The Late Glacial time and Holocene of the east of the Fennoscandia (Paleovegetation and paleogeography). Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS, 2000: 240 p. [In Russian].
 47. Pleshivtseva E.S. *Palinologicheskoe obosnovanie stratigraficheskogo raschleneniya otlozheniy verkhnego pleystotsena i golotsena Severo-Dvinskoy vpadiny*. Palynological study of the stratigraphic subdivision of deposits of the upper Pleistocene and Holocene in the North-Dvina depression. PhD thesis. Leningrad State University, 1971: 22 p. [In Russian].
 48. *Istoriya ozer Vostochno-Evropeyskoy ravniny*. The History of Lakes of the East European Plain. St. Petersburg: Nauka, 1992: 262 p. [In Russian].
 49. Velichko A.A., Kremenetskiy K.V., Negedank I., Mingram I., Borisova O.K., Gribchenko Yu.N., Zelikson E.M., Klimanov V.A., Novenko Yu.N., Pirumova L.G., Pisareva V.V., Razumovskiy L.V., Timireva S.N. *Pozdnechetvertichnaya istoriya okruzhayushchey sredy severo-vostochnoy oblasti Evropy (Kostromskoe Zavolzhe) po dannym kompleksnogo izucheniya osadkov Galichskogo ozera*. Late Quaternary paleogeography of the North-East of Europe based on the complex study of the Galich Lake sediments. *Izvestiya Ross. Akad. Nauk, Seriya Geogr. Proc. of the RAS, Geographical Series*. 2001, 3: 42–54. [In Russian].
 50. Sanko A.F. *Neopleystotsen severo-vostochnoy Belorussii i smezhnykh rayonov RSFSR*. Neopleistocene of the

51. Paus A. Late Weichselian vegetation, climate, and floral migration at Sandvikvatn, North Rogaland, southwestern Norway // *Boreas*. 1988. V. 17. P. 113–139.
52. Шаранова А.Ю. Верхний плейстоцен и голоцен Северной Фенноскандии и Баренцева моря (стратиграфия, абсолютная хронология, палеогеография): Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра геол.-мин. наук. СПб.: СПбГУ, 2005. 32 с.
53. Corner G.D., Kolka V.V., Evzerov V.Y., Möller J.J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, north-west Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. P. 155–177.
54. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataulin V., Henriksen M., Hjort Ch., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingylfsson Y, Jakobsson M., Kjær K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lyså A., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Möller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert Ch., Siegert M., Spielhagen R., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. V. 23. P. 1229–1271.
- North-eastern Belarus and Adjacent Region of the Russia. Minsk: Nauka i Tekhnika, 1987: 177 p. [In Russian].
51. Paus A. Late Weichselian vegetation, climate, and floral migration at Sandvikvatn, North Rogaland, southwestern Norway. *Boreas*. 1988, 17: 113–139.
52. Sharapova A.Yu. *Verkhniy pleystotsen i golotsen Severnoy Fennoskandii i Barentseva morya (stratigrafiya, absolyutnaya khronologiya, paleogeografiya)*. The upper Pleistocene and Holocene of the North Fennoscandia and the Barents Sea. PhD Thesis. St. Petersburg State University, 2005: 32 p. [In Russian].
53. Corner G.D., Kolka V.V., Evzerov V.Y., Möller J.J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, north-west Russia. *Global and Planetary Change*. 2001, 31: 155–177.
54. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataulin V., Henriksen M., Hjort Ch., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingylfsson Y, Jakobsson M., Kjær K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lyså A., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Möller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert Ch., Siegert M., Spielhagen R., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*. 2004, 23: 1229–1271.