

## Динамика растительности Центрального Ямала в позднеледниковые и голоцене (по палеоботаническим материалам торфяных отложений долины р. Юрибей)

Е. Г. ЛАПТЕВА<sup>1\*</sup>, С. С. ТРОФИМОВА<sup>1</sup>, С. В. ЖИЛИЧ<sup>2</sup>, О. М. КОРОНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

\*E-mail: lapteva@i.pae.uran.ru

<sup>2</sup>Институт археологии и этнографии СО РАН  
630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17

Статья поступила 12.02.2024

После доработки 26.02.2024

Принята к печати 27.02.2024

### АННОТАЦИЯ

Проведено комплексное палеоэкологическое изучение многолетнемерзлых торфяных отложений из трех местонахождений среднего течения р. Юрибей в подзоне современных субарктических кустарниковых тундр п-ова Ямал. На основе результатов палинологического и карпологического методов и данных радиоуглеродного датирования реконструированы изменения региональной, локальной растительности и климатических условий Центрального Ямала в поздне- и послеледниковый периоды. Установлено, что в позднем дриасе, около 12,6–11,7 тыс. кал. л. н., на данной территории в климатических условиях, близких к современным, были распространены кустарниковые тундры с *Betula nana*. Около 10,2–9,7 тыс. кал. л. н. в раннеголоценовое потепление в связи с улучшением климатических условий началось проникновение древесных пород (*Betula* sect. *Betula*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*) и сопутствующих им бореальных травянистых растений. Наиболее благоприятные условия для произрастания бересеки древовидной формы, лиственницы и ели на территории Центрального Ямала существовали в раннем и среднем голоцене в интервале 10,2–4,4 тыс. кал. л. н. В это время были распространены редколесья или даже сомкнутые леса, климат был значительно теплее современного. В конце среднего голоцена (4,5–4,4 тыс. кал. л. н.) лесная растительность деградировала, сформировались открытые ландшафты с тундровыми сообществами. Климатические условия стали близки к современным.

**Ключевые слова:** палеоэкология, пыльца, макроостатки растений, динамика растительности, климат, поздний дриас, голоцен, север Западной Сибири.

### ВВЕДЕНИЕ

Полуостров Ямал является активно изучаемым в палеоэкологическом плане регионом Арктики на протяжении многих десятилетий. К настоящему времени накоплен довольно обширный материал по динамике растительных

сообществ на территории Ямала в послеледниковое время, основанный на результатах палинологического изучения, анализа растительных макроостатков и сборов субфоссильной древесины [Кац, Кац, 1946, 1948; Васильчук и др., 1983; Хантемиров, Шиятов,

1999; Васильчук, 2007; Панова и др., 2010; Васильчук, Васильчук, 2016; 2021; Слагода и др., 2016; Anderson et al., 2019; Хантемиров и др., 2021; Nigmatzyanova et al., 2022; и др.]. Однако не все известные палеоботанические данные подкреплены результатами радиоуглеродного датирования так, чтобы их можно было адекватно использовать для восстановления хронологии изменений. При этом информация о растительных сообществах и их динамике в период позднего плейстоцена единична [Болиховская, Болиховский, 1992; Andreev et al., 2006; Корона и др., 2014]. Поэтому новые комплексные палеоботанические данные в сочетании с радиоуглеродным датированием отложений разного генезиса на Ямале являются актуальными для восстановления истории формирования современных экосистем полуострова в течение позднего плейстоцена и голоцене и оценки их возможной трансформации при тех или иных климатических изменениях.

Цель настоящей работы – реконструировать динамику растительности Центрально-го Ямала в конце позднего плейстоцена и голоцене по результатам палинологического и карнологического изучения торфяных отложений среднего течения р. Юрибей.

#### РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2007–2009 гг. в меридиональном течении р. Юрибей были исследованы торфяные отложения в нескольких точках (рис. 1), результаты изучения трех из них представлены в данной работе. Долину реки в районе исследования формируют древние морские, речные и озерные террасы [Астахов, Назаров, 2010]. Ландшафт представляет собой совокупность тундровых, пойменных и болотных геосистем, где преобладают субарктические тундры с травяно-моховыми сообществами с ерником и ивами. Район исследования расположен в субарктическом климате со среднегодовой температурой  $-8 \dots -10^{\circ}\text{C}$  (температура января от  $-22$  до  $-24^{\circ}\text{C}$  и июля  $-6\text{--}8^{\circ}\text{C}$ ) и количеством осадков около 400 мм/год [Атлас Арктики, 1985; Магомедова и др., 2006; Ребристая, 2013].

Непосредственно в долине р. Юрибей в кустарниковом ярусе встречаются карликовая

березка (*Betula nana* L.), ивы (*Salix*) и ольха кустарниковая (*Alnus alnobetula* subsp. *fruticosa* (Rupr.) Raus), в травяно-кустарничковом ярусе – брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), дриада (*Dryas octopetala* L.), виды мятыковых (Poaceae), осоковых (*Carex*, *Eriophorum*) и разнотравья (*Bistorta officinalis* Delarbre, *Delphinium middendorffii* Trautv., *Campanula rotundifolia* L. и др.). Лишайниково-моховой покров образован зелеными мхами и кустистыми лишайниками, на переувлажненных участках обильны сфагновые мхи.

Обнажение **Ямб-Ярато** ( $68^{\circ}32'$  с. ш.,  $72^{\circ}06'$  в. д., см. рис. 1), расположенное на левом берегу реки, изучено Д. В. Назаровым в 2009 г. [Астахов, Назаров, 2010]. В средней части обнажения обнаружено понижение рельефа, приуроченное к аласу – высохшей котловине термокарстового озера. Существовавшее термокарстовое озеро было заложено, скорее всего, в голоцене по древней старице, синхронной аллювию I надпойменной террасы р. Юрибей. Здесь вскрыта линза автохтонного многолетнемерзлого торфа мощностью до 0,7 м, возраст которого определен  $13210 \pm 100$  кал. л. н. ( $11320 \pm 100$  лет, ЛУ-6230) [Астахов, Назаров, 2010] и соответствует позднеледниковому времени. Торф перекрыт плотными темно-коричневыми до черных алевритами мощностью до 1,5 м с рассеянной, сильно разложившейся органикой, содержание которой в алевритах не менее 50 %. Подошва линзы торфа слабоволнистая, четкая. Ниже залегали параллельно слоистые светло-серые пески с прослойями алевритов и сингенетическими псевдоморфозами по полигонально-жильным льдам, видимая мощность нижних песков 2,5 м. Для палеоботанического изучения из нижней части разреза авторами было отобрано пять образцов (рис. 2).

Местонахождение **Паютакояха** ( $68^{\circ}36'$  с. ш.,  $71^{\circ}56'$  в. д., см. рис. 1) представляет собой глыбу торфа мощностью 1,3 м в аллохтонном залегании, которую обнаружил П. А. Косинцев (Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург) в 2007 г. на поверхности пляжа речного аллювия низкого левого берега р. Юрибей, недалеко от устья р. Паютакояха. Толща торфа в данное место, вероятно, была перемещена водами реки во время половодья при обрушении или размытии многолетнемерзлых торфяных отложений,

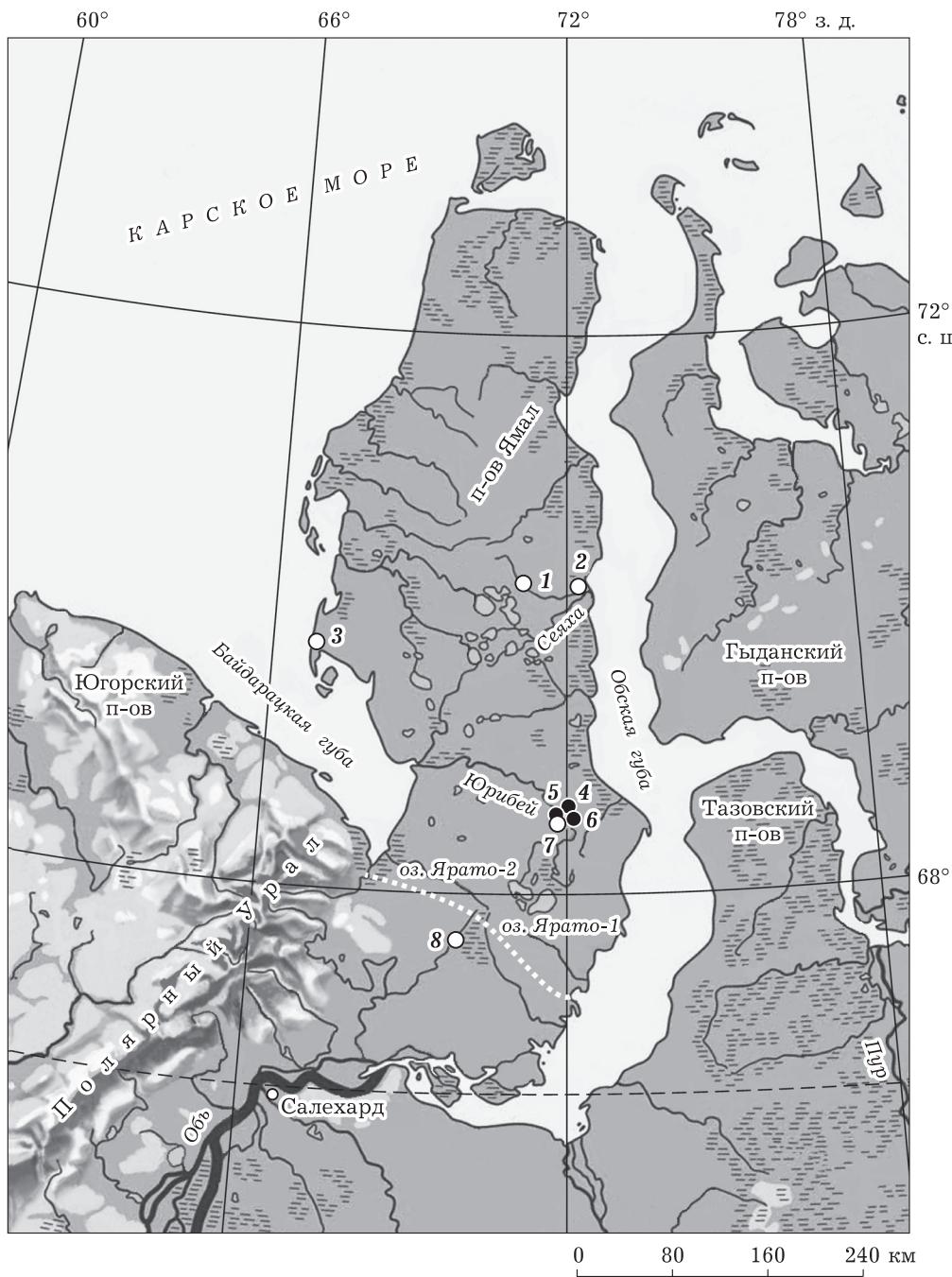


Рис. 1. Район исследования: 1 – оз. Печевалавато [Лаптева, Корона, 2022]; 2 – торфяник в устье р. Сёяхи [Васильчук, Васильчук, 2016]; 3 – разрез Марре-Сале [Болиховская, Болиховский, 1992]; 4 – разрез Ямб-Ярато (данная работа); 5 – торфяник Сюртявкото (данная работа); 6 – разрез Паютакояха (данная работа); 7 – разрез Нгоун [Корона и др., 2014]; 8 – оз. Нюлсавэйто [Панова и др., 2010]. Белая пунктирная линия – северная граница лесотундры по [Ребристая, 2013]

встречающихся в береговых обнажениях реки. Для палеоботанического изучения были отобраны непрерывной колонкой 13 образцов мощностью по 10 см (см. рис. 2).

Многолетнемерзлый торфяник **Сюртявкото** (68°36' с. ш., 72°01' в. д.) расположен на правом

берегу вниз по течению р. Юрибей от разреза Ямб-Ярато (см. рис. 1). Автохтонные торфяные отложения мощностью 1,7 м в верхней части обнажения светло-серых мелковзернистых песков с видимой мощностью около 14 м изучены авторами в 2008 г. В основании торфяника

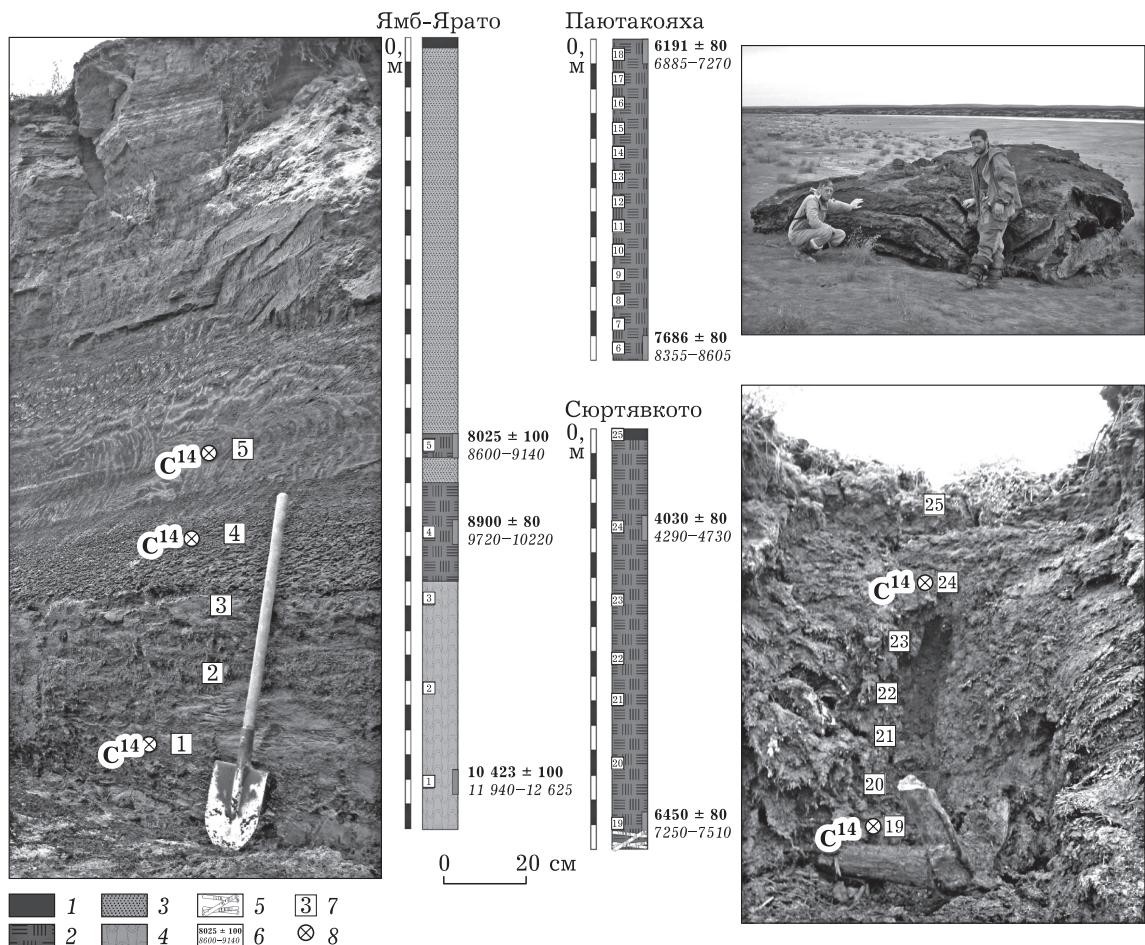


Рис. 2. Строение разрезов отложений в меридиональном течении р. Юрибей: 1 – дерн, 2 – торф, 3 – алевриты с сильно разложившейся органикой, 4 – пески, 5 – субфоссильные стволы деревьев, 6 – радиоуглеродная дата и ее наиболее вероятный калибровочный диапазон ( $2\sigma$ ), 7 – номер образца, 8 – место отбора образца на радиоуглеродное датирование

обнаружены стволы деревьев, которые залегали в торфе с высокой степенью разложения. Вверх по разрезу наблюдался постепенный переход к светло-коричневому торфу со слабой степенью разложения. Поверхность торфяника покрыта дерновым слоем из карликовой берески и багульника (*Ledum decumbens* (Ait.) Lodd ex Steud.), кустарничков (*Empetrum* и *Vaccinium vitis-idaea*) и редкими травами. Из торфяных отложений для палеоботанического изучения было отобрано семь образцов мощностью 5–10 см через интервалы около 10 см (см. рис. 2).

Лабораторную пробоподготовку 25 образцов для спорово-пыльцевого и карнологического анализов проводили по стандартным методикам [Гричук, Заклинская, 1948; Никитин, 1969]. Обработку полученных данных и построение диаграмм выполняли с помощью

программы *Tilia v. 2.6.1.* [Grimm, 2011]. На спорово-пыльцевой диаграмме доля пыльцы таксонов древесной и травянистой групп, а также спор высших споровых растений была рассчитана от общей суммы пыльцы растений, принятой за 100 %. На диаграмме макроостатков растений показано количество остатков того или иного таксона в каждом изученном образце объемом от 160 до 500 мл с разной степенью насыщенности находок. Латинские названия таксонов микро- и макроостатков растений приведены в соответствии с Международным указателем научных названий растений (International Plant Names Index), для ряда таксонов указаны ранее употребляемые синонимы. Типы растительности по результатам спорово-пыльцевого анализа выделены на основе метода биомизации, разработанного при моделировании растительности и климата

Земли на основе биомной концепции [Prentice et al., 1996].

Возраст изученных отложений установлен по радиоуглеродным датам, которые были получены в изотопном центре кафедры геологии и геоэкологии факультета географии Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. Значения календарного возраста при калибровке всех радиоуглеродных дат рассчитаны с использованием калибровочной кривой IntCal20 [Reimer et al., 2020]. В тексте используется возрастной интервал максимального диапазона  $\pm 2$  сигмы с наибольшей вероятностью. Возрастные рубежи голоцена определены по схеме периодизации, утвержденной Международным союзом геологических наук (International Union of Geological Sciences (IUGS)) [Walker et al., 2018].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Радиоуглеродный анализ.** По образцам торфа и растительного детрита из трех изученных местонахождений получено семь радиоуглеродных дат (таблица), которые располагаются в хронологической последовательности для каждого разреза. Совокупность

полученных радиоуглеродных дат охватывает период около 8 тыс. лет в интервале от 12,6 до 4,3 тыс. кал. л. н., включая поздний дриас (финальный стадиал позднего плейстоцена), ранний и средний голоцен.

**Спорово-пыльцевой анализ.** По изменению состава и содержания таксонов палинологических остатков спорово-пыльцевые спектры (СПС) 25 образцов из трех разрезов органогенных отложений объединены в шесть локальных пыльцевых зон (ЛПЗ) (рис. 3). Основной фон всех полученных СПС составляет пыльца бересклета карликовой (*Betula nana* – 25–60 %) при участии осоковых (Cyperaceae – 10–35 %) и разнотравья. Существенные изменения наблюдаются в содержании пыльцы древесных пород. Наименьшее суммарное содержание пыльцы деревьев (10–15 %) характерно для ЛПЗ-1, которая объединяет образцы из разреза отложений Ямб-Ярато и маркируется возрастом 11940–12625 кал. л. н. (см. таблицу, рис. 2 и 3). СПС верхних образцов разреза отложений Ямб-Ярато объединены в ЛПЗ-2, в которой возросла суммарная доля древесных пород за счет обилия пыльцы группы древовидных бересклетов (*Betula* sect. *Betula* = *Betula* sect. *Albae* – до 25 %), также обнаружена

Радиоуглеродные даты, полученные по образцам торфа из трех разрезов р. Юрибей, и их калиброванные значения

Местонахождение и номер датированного образца (глубина)	Лабораторный индекс и номер	$^{14}\text{C}$ дата	Калиброванный возраст (IntCal20 [Reimer et al., 2020])	
			1 $\sigma$ (68%-я вероятность)	2 $\sigma$ (95%-я вероятность)
<b>Ямб-Ярато</b>				
Обр. 1 (295–305 см)	SPb-828	10423 $\pm$ 100	12100–12405: 0,73 12420–12490: 0,16 12540–12590: 0,1	11940–12625: 0,99 12640–12670: 0,01
Обр. 4 (195–205 см)	SPb-1256	8900 $\pm$ 80	9905–10180: 1	9720–10220: 1
Обр. 5 (160–170 см)	SPb-1255	8025 $\pm$ 100	8655–8665: 0,03 8720–9020: 0,97	8600–9140: 0,98 9180–9200: 0,01 9230–9260: 0,01
<b>Паютакояха</b>				
Обр. 6 (120–130 см)	SPb-833	7686 $\pm$ 80	8410–8545: 1	8355–8605: 0,99 8620–8630: 0,01
Обр. 18 (0–10 см)	SPb-1260	6191 $\pm$ 80	6985–7170: 0,92 7220–7240: 0,08	6860–6865: 0,001 6885–7270: 0,999
<b>Сюртявкото</b>				
Обр. 19 (155–165 см)	SPb-831	6450 $\pm$ 80	7280–7300: 0,09 7310–7430: 0,91	7170–7210: 0,04 7250–7510: 0,95 7550–7560: 0,01
Обр. 24 (35–45 см)	SPb-830	4030 $\pm$ 80	4410–4620: 0,9 4680–4690: 0,02 4760–4790: 0,08	4290–4730: 0,89 4750–4820: 0,11

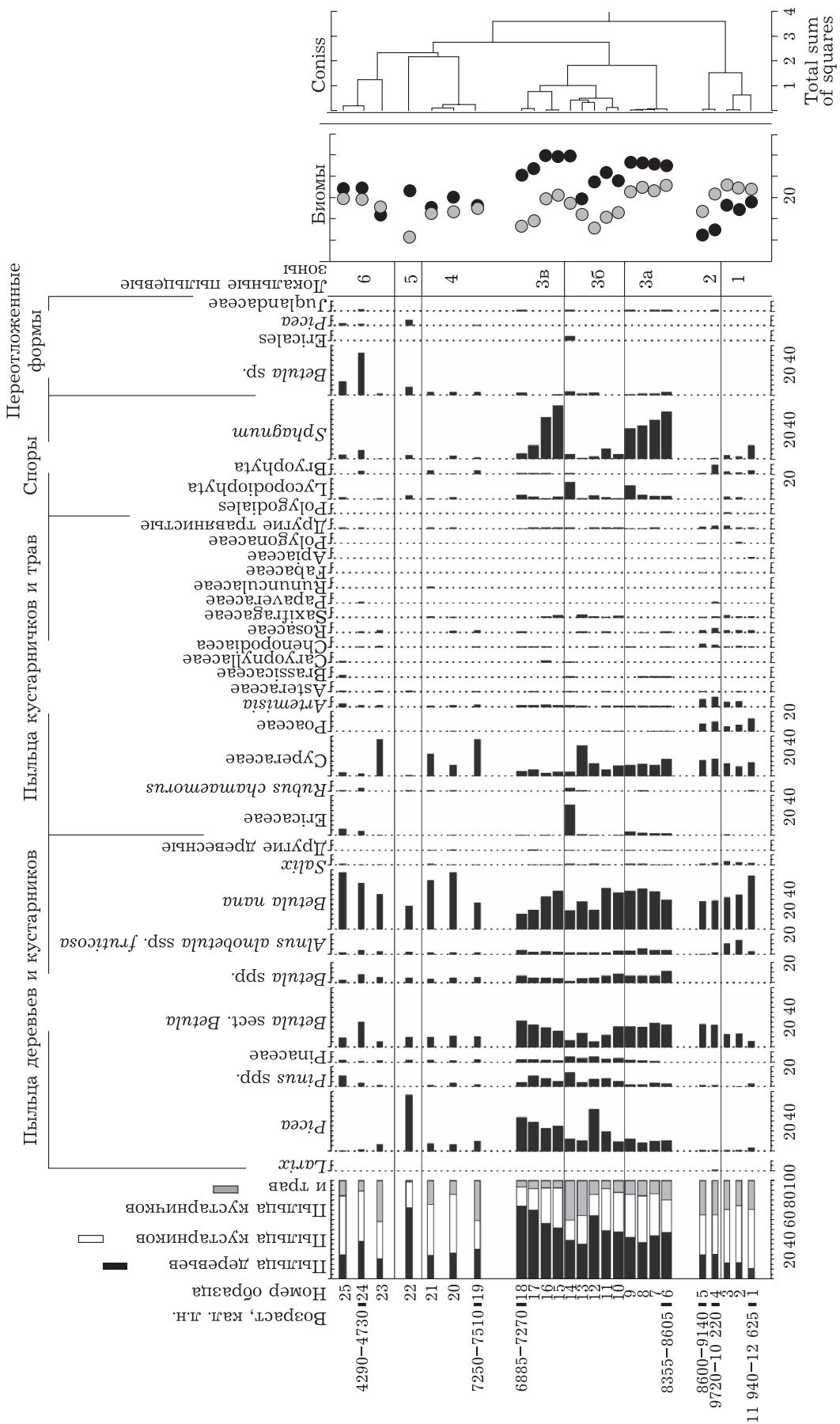


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяных отложений в меридиональном течении р. Иорильей: ЛПЗ – локальные пыльцевые зоны; доминантные биомы: серый кружок – тундра, черный кружок – тайга (лесной тип растительности). Номера образцов: 1–5 – Ямб-Ярато, 6–18 – Паютакояха, 19–25 – Сюртыв-кото. Местоположение образцов в разрезах см. рис. 2

единичная пыльца лиственницы (*Larix*). ЛПЗ-2 маркируется в интервале от 9720–10220 до 8600–9140 кал. л. н. (см. таблицу, рис. 2 и 3). Характерной особенностью ЛПЗ-3, объединяющей СПС из толщи торфа Паютакояха, является высокое обилие пыльцы березы древовидной (до 25 %) и ели (*Picea* 10–45 %). В СПС подзон За и 3в фиксируется высокое содержание спор сфагновых мхов (*Sphagnum* – 30–50 %). ЛПЗ-3 охватывает возрастной интервал от 8355–8605 до 6885–7270 кал. л. н. (см. таблицу, рис. 2 и 3). ЛПЗ-4–ЛПЗ-6 объединяют СПС образцов из разреза Сюртявкото, в которых наблюдается более низкое суммарное содержание пыльцы деревьев (около 20 %) по сравнению с вышеописанной ЛПЗ-3. Исключение составляет СПС ЛПЗ-5, в котором содержание пыльцы ели наибольшее (60 %). Спектры ЛПЗ-4–ЛПЗ-6 соответствуют возрастному интервалу от 7250–7510 до 4290–4730 кал. л. н. (см. таблицу, рис. 2 и 3).

**Карнологический анализ.** По изменению состава и содержания ведущих таксонов в 24 образцах из трех разрезов органогенных отложений выделено десять локальных комплексов макроостатков растений (ЛКМ) (рис. 4), которые можно объединить в три группы. К первой отнесен ЛКМ-1, включающий нижний образец из разреза Ямб-Ярато (см. рис. 4), в котором доминируют остатки березки карликовой и осок (*Carex* spp.). Этот комплекс соответствует радиоуглеродной дате 11940–12625 кал. л. н. (см. таблицу). Во вторую группу объединены образцы из всех трех разрезов (ЛКМ-2–ЛКМ-8), в большинстве которых обнаружены макроостатки древесных пород. Крылатки березы древовидной формы (*Betula* sect. *Betula*) появляются в ЛКМ-2, включающего образец 2 из разреза Ямб-Ярато. Наибольшее обилие макроостатков березы древовидной наблюдается в ЛКМ-3 и ЛКМ-4, охватывающих образцы из разрезов Ямб-Ярато и Паютакояха, которые соответствуют возрастному интервалу от 9720–10220 до 8355–8605 кал. л. н. (см. таблицу, рис. 2 и 4). Первые макроостатки лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.) и ели (*Picea obovata* Ledeb.) обнаружены в образцах ЛКМ-3, и затем в небольшом количестве встречаются в образцах ЛКМ-4–ЛКМ-8 (см. рис. 4). В ряде образцов этой группы также найдены остатки относительно теплолюбивых водных (виды *Potamogeton*,

*Nuphar pumila* (Timm) DC и *Elatine hydropiper* L.) и болотных (*Menyanthes trifoliata* L., *Naumburgia thyrsiflora* L., *Comarum palustre* L.) растений. Исчезновение остатков древесных пород наблюдается в ЛКМ-9, включающего образец из верхней части разреза Сюртявкото возрастом 4290–4730 кал. л. н. (см. рис. 4). К третьей группе отнесен ЛКМ-10, содержащий верхний образец разреза Сюртявкото (глубина 0–10 см от поверхности), который можно рассматривать как рецентную пробу, поскольку в ней встречаются хорошей сохранности веточки лишайников. Видовой состав из *Betula nana*, луговых злаков *Hierochloë alpina* (Sw. Ex. Weeld.) Roem. & Schult., *Calamagrostis lapponica* (Wahlenb.) Hartm. и осок соответствует современным южным кустарниковым тундрам Ямала [Ребристая, 2013].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты палеоботанического изучения торфяных отложений в совокупности с данными радиоуглеродного датирования позволяют проследить следующие изменения растительного покрова в долине р. Юрибей.

Растительность наиболее раннего этапа может быть охарактеризована по полученным материалам из нижней части отложений разреза Ямб-Ярато, возраст которых соответствует интервалу 12,6–11,9 тыс. кал. л. н. и соотносится с поздним дриасом (Younger Dryas), завершающим этап позднего плейстоцена [Rasmussen et al., 2006]. В это время в долине р. Юрибей и ее окрестностях существовали растительные сообщества кустарниковых тундр из карликовой березки при участии ивы и видов осоковых, злаковых и тундрового разнотравья. Об этом свидетельствует обилие пыльцевых зерен, крылаток и чешуй *Betula nana*, присутствие пыльцы и макроостатков *Salix* sp., Сурепасеae, в том числе *Carex* spp. и *Eriophorum* sp., Poaceae, Rosaceae, в том числе *Potentilla* sp. и *Rubus chamaemorus*, Polygonaceae, Ranunculaceae и др. (см. рис. 3 и 4). В местообитаниях с несформированным дерновым покровом произрастала полынь, о чем свидетельствует наличие пыльцы *Artemisia*. В настоящее время на незадернованных аллювиальных отложениях и песчаных выдувах с нарушенным почвенным покровом в долине

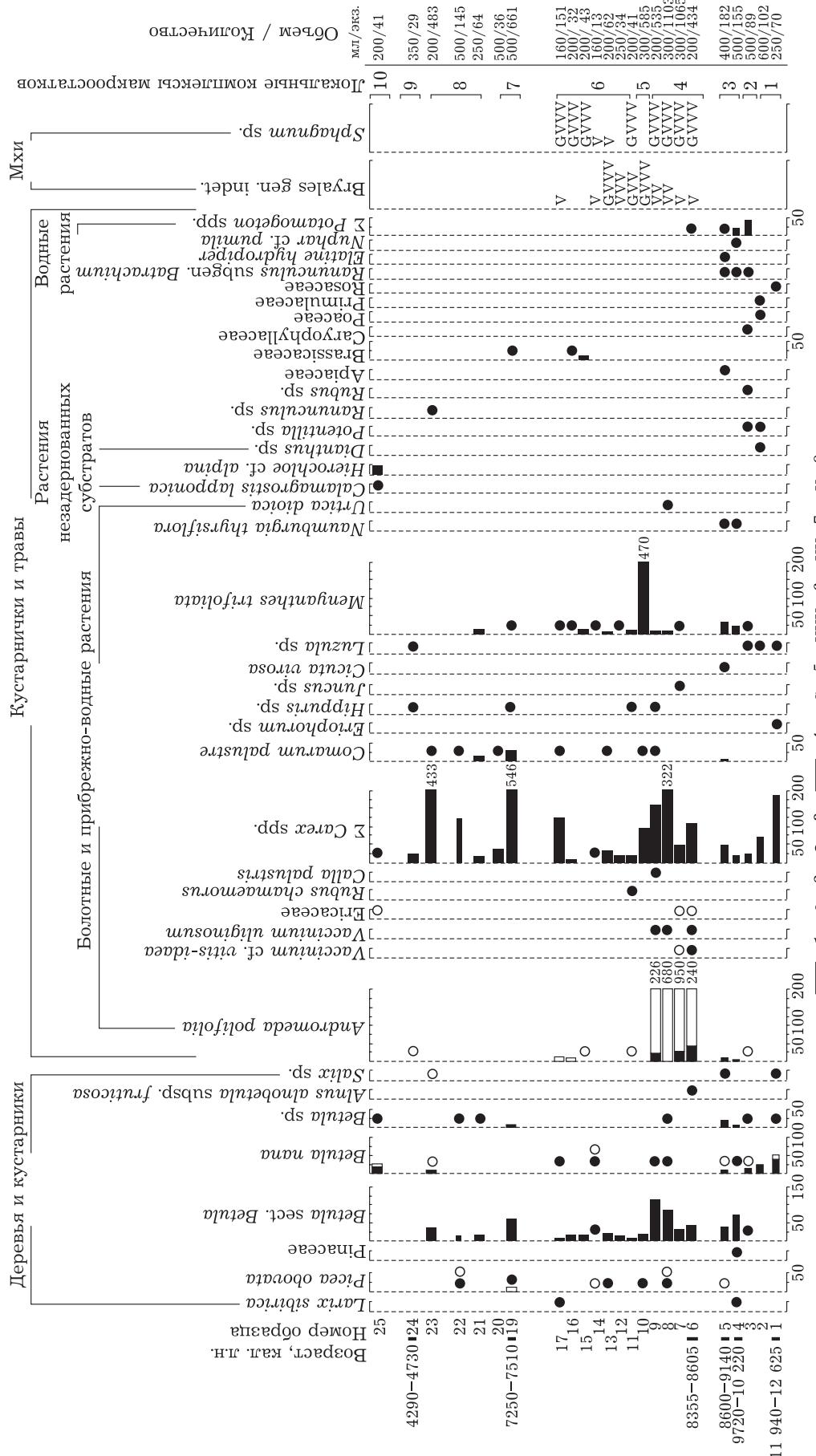


Рис. 4. Диаграмма макроостатков растений из торфяных отложений в меридиональном течении р. Юрибей: плоды и семена: 1 – более 5 экз., 2 – 1–4 экз.; вегетативные части: 3 – 1–4 экз., 4 – более 5 экз., 5 – генеративные остатки мхов (коробочки); относительное количество мхов: 6 – обильно, 7 – много, 8 – мало. Номера образцов: 1–5 – Ямб-Ярато, 6–17 – Паютакояха, 19–25 – Сюртавкото. Местоположение образцов в разрезах см. рис. 2

р. Юрибей произрастает преимущественно *Artemisia tilesii* Ledeb. [Магомедова и др., 2006; Ребристая, 2013]. Суммарное содержание пыльцы деревьев менее 15 %, макроостатки деревьев не обнаружены. Присутствие единичных пыльцевых зерен *Picea*, *Pinus* и *Betula* sect. *Betula* является следствием их дальнего переноса воздушными массами, что характерно для открытых ландшафтов, в том числе тундровых [Васильчук, 2005; Эктора и др., 2013]. Полученные СПС по составу и содержанию ведущих таксонов близки палинологическим данным из отложений позднеплейстоценового возраста на западном побережье Ямала [Болиховская, Болиховский, 1992; Andreev et al., 2006]. Комплекс макроостатков сходен с одновозрастными комплексами из разреза Нгоюн, расположенного в долине р. Юрибей [Корона и др., 2014].

Согласно результатам биомизации на основе палинологических данных биом тундры имеет наибольший удельный вес (см. рис. 3), что подтверждает существование вышеописанных растительных сообществ тундрового облика. В настоящее время фитоценозы, близкие к реконструированным палеосообществам, широко распространены практически на всей территории п-ова Ямал [Магомедова и др., 2006; Ребристая, 2013]. Вероятно, климатические условия в период их существования были близки современным параметрам климата.

Следующий этап в интервале 10,2–8,4 тыс. кал. л. н., соответствующий раннему голоцену или грэнландской стадии (Greenlandian) [Walker et al., 2018], охарактеризован по материалам верхней части отложений линзы торфа в разрезе Ямб-Ярато и нижней части торфяной толщи Паютакояха. В этот период в существовавшем палеоводоеме активно развивались водные макрофиты, такие как рдесты, в том числе *Potamogeton* cf. *pusillus* L., *P. alpinus* Bald., *P. fresii* Rupr., *P. cf. perforatus* L., повойничек водяной перец (*Elatine hydro-piper*) и кубышка (*Nuphar* cf. *pumila*), макроостатки которых были обнаружены (см. рис. 4). Водоем зарастал и заболачивался, о чем свидетельствует обилие плодов, семян и вегетативных частей прибрежно-водных и болотных растений, таких как осоки, вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), сабельник болотный (*Comarum palustre* L.) и подбел обыкновенный (*Andromeda polifolia* L.).

Согласно результатам биомизации, удельный вес биома тундры еще наибольший, хотя в ЛПЗ-2 возросла доля пыльцы *Betula* sect. *Betula* до 30–40 %, определена единичная пыльца лиственницы и ели (см. рис. 3). В ЛКМ-2 увеличилось обилие остатков бересы древовидной при наличии микро- и макроостатков карликовой берески. Обнаружены семенное крыло лиственницы (*Larix sibirica*) и хвоинка ели (*Picea obovata*) в образцах торфа возрастом 10,2–9,7 и 9,1–8,6 тыс. кал. л. н. соответственно (см. рис. 4). Пыльцевые зерна бересы и хвойных пород могут распространяться на сотни километров [Гричук, Заклинская, 1948], в то время как основная масса семян бересы и лиственницы рассеивается в пределах 50–200 м от источника [Денисов, 1999; Лыткина и др., 2005]. Следовательно, обнаруженные микро- и макроостатки свидетельствуют о произрастании данных древесных пород в долине р. Юрибей в обозначенное время.

В то же время обилие пыльцы (до 30 %) и находки макроостатков *Betula pana* указывают на ее широкое распространение. Карликовая береска вместе с ивами формировалась как облик открытых тундровых ландшафтов водораздела, так и кустарниковый ярус редколесий, образовавшихся в результате появления и распространения в долине р. Юрибей деревьев. Широкое распространение карликовой берески в районе исследования в раннем голоцене маркируется возрастом 9,9–9,7 тыс. кал. л. н. ( $8830 \pm 40$   $^{14}\text{C}$  лет, ГИН-2478) [Васильчук, Васильчук, 2016].

Существование бересовых редколесий в долине р. Юрибей в раннем голоцене подтверждается обилием микро- и макроостатков *Betula* sect. *Betula* в торфяных отложениях севернее района исследования, а также находками полуископаемых стволов бересы в основании торфяников на восточном и западном побережьях Ямала, радиоуглеродные даты которых укладываются в диапазон 10,2–8,6 тыс. кал. л. н. [Васильчук и др., 1983; Болиховская, Болиховский, 1992; Kremenetski et al., 1998; Васильчук, 2007; Васильчук, Васильчук, 2016; Слагода и др., 2016; Лаптева, Корона, 2022].

К концу раннего голоцена сформировались редколесья/леса сомкнутого типа из бересы древовидной, ели и лиственницы, на что указывает увеличение обилия пыльцы

и макроостатков *Betula* sect. *Betula*, возрастание доли пыльцы *Picea* до 10 %, находки семян и хвоинок *Picea obovata* в образцах нижней части толщи торфа Паютакояха, которая датируется 8,60–8,35 тыс. кал. л. н. (см. таблицу, рис. 3 и 4). Семена ели преимущественно рассеиваются ветром в пределах 60–80 м от стены леса [Евстигнеев и др., 2017], что указывает на их местное происхождение в изученных отложениях. Пыльца и макроостатки лиственницы не обнаружены, но находки субфоссильных стволов *Larix sibirica* в береговых отложениях р. Юрибей, возраст которых определен древесно-кольцевым методом и соответствует данному временному интервалу [Хантемиров и др., 2021], достоверно свидетельствуют о произрастании этой древесной породы в районе исследования. Карликовая береска и кустарниковая ольха вместе с кустарничками (*Vaccinium vitis-idaea* и *V. uliginosum*) произрастали под пологом леса. Результаты биомной реконструкции также указывают на распространение лесных сообществ, поскольку наибольший удельный вес приобрел биом тайги (см. рис. 3). Об активных процессах заболачивания и торфообразования в долине р. Юрибей в это время свидетельствует увеличение макроостатков прибрежно-водных и болотных растений – осок, вахты трехлистной, сабельника болотного, подбела обыкновенного, наряду с обилием спор и вегетативных остатков сфагновых мхов (*Sphagnum* sp.) (см. рис. 3 и 4).

Следующий этап в интервале 8,2–4,4 тыс. кал. л. н., соответствующий среднему голоцену или северогриппианской стадии (Northgrip-pian) [Walker et al., 2018], также связан с распространением древесной растительности в виде сомкнутых лесов в долине р. Юрибей. Об этом свидетельствуют как высокое суммарное содержание пыльцы деревьев (40–70 %), возрастание *Picea* (10–40 %, максимальное содержание 60 %) и *Betula* sect. *Betula* (до 25 %) на фоне обилия пыльцевых зерен кустарников (*Betula nana* и *Alnus alnobetula* subsp. *fruticosa*), так и постоянное присутствие макроостатков бересы древовидной, ели и лиственницы при участии карликовой берески и кустарниковой ольхи в образцах торфяных отложений разрезов Паютакояха и Сюртаявкото (см. рис. 3 и 4). Близкие СПС, подкрепленные радиоуглеродными датами в диапазоне 8,0–5,1 тыс.

кал. л. н., были получены ранее при изучении ряда разрезов торфяных отложений в долине р. Юрибей [Васильчук и др., 1983; Васильчук, 2007].

Еще одним доказательством существования лиственнично-елово-березовых лесов в это время являются находки полуископаемой древесины лиственницы (*Larix sibirica*) и бересы (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa* (Ledeb.) Numan) [Васильчук и др., 1983; Кременецкий и др., 1996; Хантемиров и др., 2021; и др.]. На одной из находок полуископаемой древесины бересы возрастом 8,0–7,8 тыс. кал. л. н. ( $7060 \pm 40$   $^{14}\text{C}$  лет, ЛЕ-8034) на р. Меретаяха, правого притока р. Юрибей, обнаружены следы по-грызов речным бобром (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) [Косинцев и др., 2022], биология которого тесно связана с древесной растительностью. Также о широком распространении растительности лесного типа, в том числе на плакорных местообитаниях, свидетельствуют найденные стволы деревьев в основании торфяника Сюртаявкото в верхней части II террасы р. Юрибей, возраст вмещающего их торфа составляет 7,5–7,25 тыс. кал. л. н. (см. рис. 2).

К концу среднего голоцена, около 4,7–4,3 тыс. кал. л. н., согласно данным из верхней части разреза Сюртаявкото, фиксируется сокращение обилия пыльцы *Picea*, исчезновение макроостатков ели и бересы древовидной. Согласно результатам биомизации, удельный вес биома тундры становится наибольшим (см. рис. 3). Вероятно, эти изменения отражают сокращение древесной растительности в долине р. Юрибей с последующим смещением северной границы ареала бересы древовидной и хвойных пород к югу и формированием открытых тундровых ландшафтов в конце среднего – начале позднего голоцена. Согласно результатам древесно-кольцевого анализа полуископаемой древесины [Хантемиров и др., 2021], последнее из найденных к настоящему времени деревьев севернее  $68^\circ$  с. ш. погибло в 2419 г. до н. э. (4370 кал. л. н.), а сокращение численности деревьев происходило в интервале 2550–2250 гг. до н. э. (4,5–4,2 тыс. кал. л. н.), что соответствует финалу северогриппианской стадии голоцена [Walker et al., 2018]. В настоящее время береса древовидной группы (*Betula pubescens* subsp. *tortuosa* (Ledeb.) Numan.), лиственница (*Larix sibirica*) и ель (*Picea obovata*) встречаются лишь в ред-

колесьях северной лесотундры и по долинам рек южных субарктических тундр Ямала южнее 67°30' с. ш. [Магомедова и др., 2006; Ребристая, 2013].

Следует также отметить, что суммарное содержание пыльцы сосен (*Pinus sylvestris*-type и *Pinus sibirica*-type) – древесных пород с высокой пыльцевой продуктивностью и хорошей летучестью зерен, составляет 1–2 % (максимальное 5 %) и менее 10 % (максимальное около 15 %) в отложениях позднего дриаса и среднего голоцене соответственно (см. рис. 3). Подобное низкое содержание пыльцы сосен указывает на ее дальнезаносное происхождение, и увеличение доли *Pinus* в СПС среднеголоценового возраста свидетельствует лишь о продвижении ареала этих древесных пород к северу. В долине р. Юрибей и даже на территории Южного Ямала сосны не произрастили в раннем и среднем голоцене. Это также подтверждается тем, что макроостатки сосен ни нами, ни другими исследователями при изучении голоценовых реликтовых торфяных отложений полуострова не обнаружены [Кац, Кац, 1946, 1948; Панова и др., 2010].

Результаты исследования макроостатков растений показали, что появление бореальных элементов травянистой растительности совпадает с распространением древесных пород в долине р. Юрибей в раннем и среднем голоцене (см. рис. 4). В современной флоре Ямала не указаны водные виды *Elatine hydropiper* и *Nuphar pumila*. На территории Западно-Сибирской равнины *Elatine hydropiper* встречается до широты р. Вах (~61°18' с. ш.) [Крылов, 1935]. Северная граница ареала *Nuphar pumila* доходит до полярного круга, но не заходит за него [Постовалова, 1969]. Из представителей бореального семейства *Potamogetonaceae* для Ямала указан только один вид – *Potamogeton natans* L., редко встречающийся в водоемах северной лесотундры [Магомедова и др., 2006; Ребристая, 2013]. Самое северное местонахождение белокрыльника болотного (*Calla palusrtis* L.) отмечено на р. Полуй (66°34' с. ш.) [Ковтонюк, 1987]. *Urtica dioica* L. растет на сорных местах в окрестностях г. Лабытнанги (66°39' с. ш.) [Морозова и др., 2006]. *Naumburgia thyrsiflora*, *Cicuta virosa* L., *Carex rostrata* Stokes, а также бореальные кустарнички *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Andromeda*

*polifolia* встречаются в подзоне северной лесотундры Ямала. Вахта (*Menyanthes trifoliata*) распространена в северной лесотундре и очень редко отмечена на юге подзоны южных гипоарктических тундр [Ребристая, 2013]. Все виды, имеющие северную границу распространения в подзоне северной лесотундры, сохранили свою ценотическую приуроченность.

Полученные нами палеоботанические данные маркируют оптимальный период существования бересы древовидной, ели и лиственницы в долине р. Юрибей в голоцене интервалом 10,2–4,3 тыс. кал. л. н. Условия вегетационного периода в этом возрастном диапазоне были достаточно благоприятными для произрастания деревьев в районе исследования, средняя летняя температура могла превышать современную не менее чем на 2 °C. Это соотносится с тем, что изотерма июля 12 °C на Ямале совпадает с современной северной границей распространения древесных пород на полуострове, в то время как нынешние условия в долине р. Юрибей соответствуют изотерме июля 10 °C [Атлас Арктики, 1985; Магомедова и др., 2006].

Наша палеоклиматическая реконструкция для оптимального периода существования растительности лесного типа на основе эколого-ценотической характеристики упомянутых древесных пород и бореальных видов травянистых растений, пыльца и макроостатки которых были обнаружены в изученных торфяных отложениях, подтверждается реконструкцией климатических параметров летнего периода на основе древесно-кольцевого анализа полуископаемой древесины *Larix sibirica*. Согласно дендрохронологическим данным в благоприятный период существования древесной растительности в интервале 6748–2419 лет до н. э. (~8,70–4,37 тыс. кал. л. н.) средняя температура июня – июля была около 12 °C [Хантемиров и др., 2021; Hantemirov et al., 2022].

Проследить динамику растительности долины р. Юрибей в позднем голоцене по нашим данным не представляется возможным. Накопление торфяных отложений разреза Сюртявского завершилось на рубеже среднего и позднего голоценена согласно радиоуглеродной дате по образцу из верхней части торфа (см. таблицу). Следует подчеркнуть, что замедление или полное прекращение торфообразования на

территории Ямала к концу среднего голоцене отмечено также в ряде работ [Панова и др., 2010; Васильчук, Васильчук, 2016]. Этот процесс коррелирует и с сокращением ареала древесных пород на полуострове [Хантемиров и др., 2021; Hantemirov et al., 2022]. Вероятно, изменения в осадконакоплении и растительном покрове связаны с глобальным резким похолоданием и аридизацией на рубеже среднего и позднего голоцене около 4,2 тыс. кал. л. н., что привело к промерзанию торфяных толщ, почвенного покрова и формированию современного тундрового облика района исследования.

В образце дерна, покрывающего отложение реликтового торфяника Сюртявкото, обнаружены крылатки и фрагменты листьев карликовой берески, листочки верескоцветных кустарничков, макроостатки видов осоковых и злаковых (см. рис. 4). Основной фон СПС создает пыльца *Betula nana* (60 %) при небольшом содержании *Alnus alnobetula* subsp. *fruticosa*, *Salix*, *Ericales*, *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*, в том числе *Rubus chamaemorus*, и пыльцевых зерен растений тундрового разнотравья (см. рис. 3). Состав микро- и макроостатков образца дерна характеризует растительные сообщества современных субарктических тундр, распространенных в долине р. Юрибей [Магомедова и др., 2006; Ребристая 2013].

Таким образом, полученные новые палеоботанические данные в совокупности с ранее опубликованными материалами позволяют проследить изменение и развитие растительного покрова Центрального Ямала в пределах долины р. Юрибей в течение 10 тыс. лет в интервале от 14,5 до 4,5 тыс. кал. л. н. Наиболее ранний этап в истории растительности в пределах обозначенного возрастного интервала соответствует межстадиальному комплексу Бёллинг – Аллерёд позднего плейстоцена (Bølling – Allerød interstadial, 14,7–12,7 тыс. кал. л. н.), когда существовали редколесья из берески древовидной и ели с ерником и лугово-болотной растительностью. О произрастании древесных пород в этот период свидетельствуют находки крылаток *Betula* sect. *Betula* и хвоинок *Picea obovata* в отложениях разреза Нгоюн в верхней части меридионального течения р. Юрибей, возраст которых согласно радиоуглеродным датам  $12400 \pm 50$

$^{14}\text{C}$  лет (Beta-345168) и  $11000 \pm 50$   $^{14}\text{C}$  лет (Beta-345169), что соответствует интервалу 14,5–12,8 тыс. кал. л. н. [Корона и др., 2014].

В следующий этап – поздний дриас (12,7–11,6 тыс. кал. л. н.), финальный стадиал позднего плейстоцена, были распространены сообщества кустарниковых тундр. Существование таких сообществ подтверждается описанными выше данными из торфяных отложений Ямб-Ярато и разреза Нгоюн [Корона и др., 2014], в которых преобладают пыльца и макроостатки *Betula nana* при единичном содержании пыльцевых зерен деревьев и отсутствии их макроостатков.

Довольно длительный этап в истории растительности Центрального Ямала связан с существованием древесной растительности в долине р. Юрибей в возрастном интервале от 10,2 до 4,3 тыс. кал. л. н., охватывающем время гренландской и северогриппианской стадий голоцене. Следует отметить, что в интервале 10,2–8,5 тыс. кал. л. н. древесные породы достигали  $70^\circ$  с. ш., о чем достоверно свидетельствуют палеоботанические данные [Васильчук, 2007; Васильчук, Васильчук, 2021; Лаптева, Корона, 2022]. В заключении отметим, что новые и полученные ранее палеоботанические данные подтверждают мнение о произрастании древесных пород на п-ове Ямал как в межстадиальные интервалы позднего плейстоцена, так и в раннем и среднем голоцене [Хантемиров, Шиятов, 1999; Хантемиров и др., 2021].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения торфяных отложений в долине р. Юрибей палеоботаническими методами получен фактический материал, уточняющий динамику природной среды Центрального Ямала в поздне- и послеледниковое время. В позднем дриасе (12,5–11,9 тыс. кал. л. н.), финальном стадиале позднего плейстоцена, существовали тундровые сообщества, близкие современным.

Проникновение древесных пород и бореальных травянистых видов на Ямал связано с раннеголоценовым потеплением. Наиболее благоприятные условия для произрастания древесных пород (берески древовидной формы, лиственницы и ели) и распространение редколесий/сомкнутых лесов в долине р. Юрибей существовали в интервале 10,2–

4,3 тыс. кал. л. н. В этот период средняя температура самого теплого месяца могла быть выше современной на 2° С. В конце среднего голоценена (4,7–4,3 тыс. кал. л. н.) лесная растительность стала деградировать, распространялись открытые ландшафты с тундровыми сообществами. Таким образом, полученные палеоботанические данные позволили охарактеризовать изменения в растительном покрове, происходившие в течение 8 тыс. лет, с конца позднего плейстоцена и до конца среднего голоценена, затрагивая аспекты динамики зональной растительности и локальных фитоценозов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность П. А. Косинцеву (Институт экологии растений и животных УрО РАН) за предоставление материала для палеоботанического изучения и Н. Е. Зарецкой (Институт географии РАН) за помощь в калибровании радиоуглеродных дат.

### Вклад авторов

Е. Г. Лаптева – формулирование идеи, цели и задач исследования, сбор материала для исследования, лабораторная обработка образцов для спорово-пыльцевого анализа, определение палиноостатков, анализ полученных результатов, анализ и обобщение литературных данных, написание, обсуждение и оформление рукописи статьи; С. С. Трофимова – лабораторная обработка образцов для карпологического анализа, определение макростатков растений, анализ полученных результатов, обсуждение и редактирование текста рукописи, работа с графическим материалом; С. Н. Жилич – лабораторная обработка образцов для спорово-пыльцевого анализа, определение палиноостатков, анализ полученных результатов, редактирование текста рукописи; О. М. Корона – лабораторная обработка образцов для карпологического анализа, определение макростатков растений, анализ полученных результатов, обсуждение и редактирование текста рукописи.

### Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки по проектам научно-исследовательских работ Института экологии растений и животных УрО РАН “История формирования современной биоты Урала и прилегающих территорий за последние 150 тысяч лет, № 122021000095-0” (спорово-пыльцевой анализ позднеледниковых отложений, изучение макроостатков растений) и Института археологии и этнографии СО РАН “Палеоэкология человека и реконструкция природных условий Евразии в четвертичном периоде, № FWZG-2023-0010” (спорово-пыльцевой анализ голоценовых отложений).

### Соблюдение этических стандартов

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

### Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Астахов В. И., Назаров Д. В. Стратиграфия верхнего неоплейстоцена севера Западной Сибири и ее геохронометрическое обоснование // Регион. геология и металлогения. 2010. № 43. С. 36–47.
- Атлас Арктики / под ред. А. Ф. Трещникова. М: Главное управление геодезии и картографии при Совмине СССР, 1985. 203 с.
- Болиховская Н. С., Болиховский В. Ф. Радиоуглеродная хронология и палиностратиграфия едомных отложений Западной Сибири // Геохронология четвертичного периода. М: Наука, 1992. С. 102–111.
- Васильчук А. К. Палинология и хронология полигонально-жильных комплексов в криолитозоне России. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 488 с.
- Васильчук А. К. Региональная и дальнезаносная пыльца в тундровых палиноспектрах // Изв. РАН. Сер. биол. 2005. № 1. С. 85–99.
- Васильчук А. К., Васильчук Ю. К. Палинологические диаграммы голоценовых отложений и повторно-жильных льдов в устье реки Сеяха (Зеленая), полуостров Ямал // Арктика и Антарктика. 2021. № 2. С. 93–105.
- Васильчук Ю. К., Васильчук А. К. Мощные полигональные торфяники в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород Западной Сибири // Криосфера Земли. 2016. Т. 20, № 4. С. 3–15.
- Васильчук Ю. К., Петрова Е. А., Серова А. К. Некоторые черты палеогеографии голоцена Ямала // Бюл. Комис. по изучению четвертич. периода. 1983. № 52. С. 73–89.
- Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географиз, 1948. 224 с.
- Денисов С. А. Березняки Среднего Поволжья (биология, экология и комплексное хозяйство в березняках из *B. pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh.): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Йошкар-Ола, 1999.
- Евстигнеев О. И., Мурашев И. А., Коротков В. Н. Анемохория и дальность рассеивания семян деревьев восточноевропейских лесов // Лесоведение. 2017. № 1. С. 45–52.
- Кац Н. Я., Кац С. В. История растительности болот севера Сибири как показатель изменений послеледникового ландшафта // Тр. Ин-та географии АН СССР. 1946. Т. 37. С. 331–348.
- Кац Н. Я., Кац С. В. Стратиграфия торфяников Приобского Севера // Тр. Комис. по изучению четвертич. периода. 1948. Т. 7, вып. 1. С. 15–54.
- Ковтонюк Н. К. Семейство Araceae – Аронниковые // Флора Сибири (Araceae – Orchidaceae). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. С. 14.
- Корона О. М., Трофимова С. С., Лаптева Е. Г. Первые реконструкции позднеледниковых растительных сообществ полуострова Ямал на основе раститель-

- ных макроостатков // Докл. РАН. 2014. Т. 455, № 1. С. 110–113.
- Косинцев П. А., Хантемиров Р. М., Кукарских В. В. Изменение северной границы ареала речного бобра (*Castor fiber* Linnaes, 1758, Rodentia, Mammalia) на полуострове Ямал (Западная Сибирь) в голоцене // Докл. РАН. Науки о жизни. 2022. Т. 503, № 1. С. 60–64.
- Кременецкий К. В., МакДональд К. М., Галабала Р. О., Лавров А. С., Чичагова О. А., Пустовойтов К. Е. Об изменении северной границы ареалов некоторых видов деревьев и кустарников в голоцене // Ботан. журн. 1996. Т. 81, № 4. С. 10–25.
- Крылов П. Н. Флора Западной Сибири. Томск: Том. гос. ун-т им. В. В. Куйбышева Ботан. секция Томск. о-ва испытателей природы, 1935. Т. VIII. 282 с.
- Лаптева Е. Г., Корона О. М. История развития растительного покрова северо-востока полуострова Ямал в голоцене на основе спорово-пыльцевых и палеокарнологических данных из разреза береговых отложений оз. Печевалавато // Актуальные проблемы современной палинологии: материалы XV Всерос. палинол. конф. М.: Изд-во Моск.ун-та; ГЕОС, 2022. С. 186–191.
- Лыткина Л. П., Исаев А. П., Чикидов И. И. Дальность разлета семян лиственницы в лесах Якутии // Наука и образование. 2005. № 2 (38). С. 16–17.
- Магомедова М. А., Морозова Л. М., Эктора С. Н., Ребристая О. В., Чернидьева И. В., Потемкин А. Д., Князев М. С. Полуостров Ямал: растительный покров. Тюмень: Сити-пресс, 2006. 360 с.
- Морозова Л. М., Магомедова М. А., Эктора С. Н., Дьяченко А. П., Князев М. С., Шурова Е. А. Растительный покров и растительные ресурсы Полярного Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2006. 795 с.
- Никитин В. П. Палеокарнологический метод. Томск: Изд-во Том.ун-та, 1969. 89 с.
- Панова Н. К., Трофимова С. С., Антипина Т. Г., Зиновьев Е. В., Гилев А. В., Ерохин Н. Г. Динамика растительности и экологических условий в голоцене на Южном Ямале (по данным комплексного анализа отложений реликтового торфяника) // Экология. 2010. № 1. С. 22–30. [Panova N. K., Trofimova S. S., Antipina T. G., Zinoviev E. V., Gilev A. V., Erohin N. G. Holocene dynamics of vegetation and ecological conditions in the Southern Yamal Peninsula according to the results of comprehensive analysis of a relict peat bog deposits // Russ. J. Ecol. 2010. Vol. 41, N 1. P. 20–27.]
- Постовалова Г. Г. О распространении высших водных растений в пределах Северо-Востока европейской части СССР // Ареалы растений флоры СССР. Л.: Изд-во Ленингр.ун-та, 1969. С. 84–119.
- Ребристая О. В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2013. 312 с.
- Слагода Е. А., Нарушко М. В., Прейс Ю. И., Опокина О. Л., Курчатова А. Н. Реконструкция развития термокарста в районе озера Сохонто (Центральный Ямал) в позднем неоплейстоцене – голоцене по криолитологическим и ботаническим данным // Криосфера Земли. 2016. Т. XX, № 4. С. 59–68.
- Хантемиров Р. М., Шиятов С. Г. Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене // Экология. 1999. № 3. С. 163–169. [Hantemirov R. M., Shiyatov S. G. Main stages of woody vegetation development in the Yamal Peninsula in the Holocene // Russ. J. Ecol. 1999. Vol. 30, N 3. P. 141–147.]
- Хантемиров Р. М., Шиятов С. Г., Горланова Л. А., Кукарских В. В., Сурков А. Ю., Хамзин И. Р., Фонти П., Вакер Л. 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций // Экология. 2021. № 5. С. 388–397. [Hantemirov R. M., Shiyatov S. G., Gorlanova L. A., Kukarskikh V. V., Surkov A. Yu., Hamzin I. R., Fonti P., Waker L. An 8768-year Yamal tree-ring chronology as a tool for paleoecological reconstructions // Russ. J. Ecol. 2021. Vol. 52, N 5. P. 419–427.]
- Эктора С. Н., Лаптева Е. Г., Трофимова С. С. Отражение флористического состава тундровой растительности долины р. Юрией (Средний Ямал) в recentных комплексах растительных остатков // Пробл. регион. экологии. 2013. № 4. С. 39–44.
- Anderson D. G., Harrault L., Milek K. B., Forbes B. C., Kuoppamaa M., Plekhanov A. V. Animal domestication in the high Arctic: Hunting and holding reindeer on the Yamal peninsula, northwest Siberia // J. Anthropol. Archaeol. 2019. Vol. 55. 101079.
- Andreev A. A., Forman S. L., Ingólfsson Ó., Manley W. F. Middle Weichselian environments on western Yamal peninsula, Kara sea based on pollen records // Quater. Res. 2006. Vol. 65. P. 275–281.
- Grimm E. C. Tilia 1.7.16. Software. Springfield: Illinois State Museum. Research and Collection Center. 2011
- Hantemirov R. M., Corona C., Guillet S., Shiyatov S. G., Stoffel M., Osborn T. J., Melvin T. M., Gorlanova L. A., Kukarskikh V. V., Surkov A. Y., von Arx G., Fonti P. Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia // Nat. Commun. 2022. Vol. 13. 4968. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32629-x>
- Kremenetski C. V., Sulerzhitsky L. D., Hantemirov R. Holocene history of the northern range limits of some trees and shrubs in Russia // Arct. Alp. Res. 1998. Vol. 30, N 4. P. 317–333.
- Nigamatzyanova G., Nigmatullin N., Tumanov O., Gareev B., Frolova L. Pollen data from bottom sediments of the tundra lake in the Yercuta river basing on the Yamal peninsula // Data in Brief. 2022. Vol. 44. P. 108539.
- Prentice I. C., Guiot J., Huntley B., Jolly D., Cheddadi R. Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka // Clim. Dyn. 1996. Vol. 12. P. 185–194.
- Rasmussen S. O., Andersen K. K., Svensson A. M., Steffensen J. P., Vinther B. M., Clausen H. B., Siggaard-Andersen M.-L., Johnsen S. J., Larsen L. B., Dahl-Jensen D., Bigler M., Röthlisberger R., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M. E., Ruth U. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination // J. Geophys. Res. 2006. Vol. 111. D06102. <https://doi.org/10.1029/2005JD006079>
- Reimer P. J., Austin W. E. N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng H., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A. G., Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kromer B., Manning S. W., Muscheler R., Palmer J. G., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Turney C. S. M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capone M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibra-

tion curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62. P. 725–757.

Walker M., Head M. J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L., Fisher D., Gkinis V., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S. O., Weiss H.

Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/ Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries // Episodes. 2018. Vol. 41, N 4. P. 213–223.

## Vegetation dynamics of Central Yamal in the Late Glacial and Holocene (based on paleobotanical materials from peat deposits of the Yuribey River valley)

E. G. LAPTEVA<sup>1\*</sup>, S. S. TROFIMOVA<sup>1</sup>, S. V. ZHILICH<sup>2</sup>, O. M. KORONA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Plant and Animal Ecology of UB RAS  
202, 8 Marta str., Yekaterinburg, 620144, Russia  
\*E-mail: lapteva@ipae.uran.ru

<sup>2</sup>Institute of Archaeology and Ethnography of SB RAS  
17, Akademica Lavrentieva ave., Novosibirsk, 630090, Russia

A comprehensive paleoecological study of permafrost peat deposits from three locations of the middle reaches of the Yuribey River in the subzone of modern subarctic shrub tundra of the Yamal Peninsula has been carried out. Based on the results of palynological and carpological methods and radiocarbon dating data, the changes in regional and local vegetation and climatic conditions of Central Yamal in the Late Glacial and Postglacial periods are reconstructed. It was found that in this area shrubby tundra with *Betula nana* were widespread in climatic conditions close to modern ones in the Younger Dryas about 12.6–11.7 cal. ka BP. The penetration of tree species (*Betula* sect. *Betula*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*) and their accompanying boreal herbaceous plants began due to improved climatic conditions in the Early Holocene warming about 10.2–9.7 cal. ka BP. The most favorable conditions for the growth of tree-shaped birch, larch and spruce in the territory of Central Yamal existed in the Early and Middle Holocene in the range of 10.2–4.4 cal. ka BP. At that time, sparse woodlands or even closed forests were common, the climate was much warmer than the modern one. Forest vegetation degraded and open landscapes with tundra communities formed at the end of the Middle Holocene (4.5–4.4 cal. ka BP). The climatic conditions have become close to modern ones.

**Key words:** paleoecology, pollen, plant macrofossils, vegetation dynamics, climate, Younger Dryas, Holocene, north of Western Siberia.