

УДК 56.074.6

## ДИНАМИКА ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА И AMS-ДАТИРОВАНИЯ ТОРФЯНОГО РАЗРЕЗА БОЛТНОЕ

© 2019 г. Т. Г. Антипина<sup>а, \*</sup>, Ю. И. Прейс<sup>б</sup>, В. Н. Зенин<sup>с</sup>

<sup>а</sup>Ботанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, 202а, Екатеринбург, 620144 Россия

<sup>б</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, просп. Академический 10/3, Томск, 634022 Россия

<sup>с</sup>Институт археологии и этнографии СО РАН, просп. Ак. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090 Россия

\*e-mail: antanya1306@mail.ru

Поступила в редакцию 30.01.2019 г.

После доработки 12.03.2019 г.

Принята к публикации 26.03.2019 г.

Представлена реконструкция динамики природно-климатических условий по данным спорово-пыльцевого анализа и AMS-датирования торфяного разреза южно-таежного водораздельного болотного массива Болтное в Западной Сибири. Реконструирована динамика региональной лесной растительности за последние 4200 лет. Выявлен период криогенного прекращения торфонакопления 2995–2215 л.н., а также климатические изменения термического и влажностного режимов. Периоды похолодания в последнее тысячелетие совпадают с минимумами солнечной активности: Оорта; Вольфа; Шперера; Маундера; Дальтона.

**Ключевые слова:** палеорекострукции, водораздельное торфяное болото, спорово-пыльцевой анализ, AMS-датирование, термический режим, влажностный режим, колебания климата, изменения растительности

**DOI:** 10.1134/S0367059719050032

В условиях глобальных климатических изменений, особенно контрастных в Голарктике, актуальны региональные мониторинговые исследования природных экосистем. Отложения голоценовых торфяников представляют собой детальную непрерывную летопись изменений природно-климатических условий последних 12 тыс. лет и являются оптимальными объектами исследований динамики растительности и климата с помощью палеоботанических и других естественно-научных методов. Результаты палеорекострукции позволяют оценить современное структурно-функциональное состояние экосистем и прогнозировать их развитие.

Западная Сибирь – уникальная территория, средняя заболоченность которой составляет 50%, на отдельных территориях – до 75% [1]. В этом регионе расположено крупнейшее в мире Большое Васюганское болото (БВБ) – его площадь превышает 50 тыс. км<sup>2</sup>. Часть болота, расположенная в южно-таежной подзоне, в значительной мере формирует гидрологический режим и углеродный баланс Западно-Сибирской равнины [2].

Торфяники южно-таежной подзоны Западной Сибири довольно хорошо изучены в историческом аспекте с использованием спорово-пыльцевого и других палеоэкологических методов. Однако почти все объекты исследования приурочены к долинам рек, тепляющее влияние которых в значительной степени может исказить содержащуюся в них палеоинформацию. Обзор публикаций выявил недостаточную изученность природно-климатических условий последнего тысячелетия для данного региона.

Водораздельные верховые болотные массивы – оптимальный объект для палеорекострукции по ряду причин: оседающий в них ежегодно пыльцевой дождь максимально отражает не только локальную, но и зональную растительность и ее изменения во времени; анаэробная и кислая среда обеспечивает хорошую сохранность палинологического материала; слои залегания торфяной залежи обычно не нарушены.

Цель данного исследования – реконструировать динамику природно-климатических условий в южно-таежной подзоне Западной Сибири в

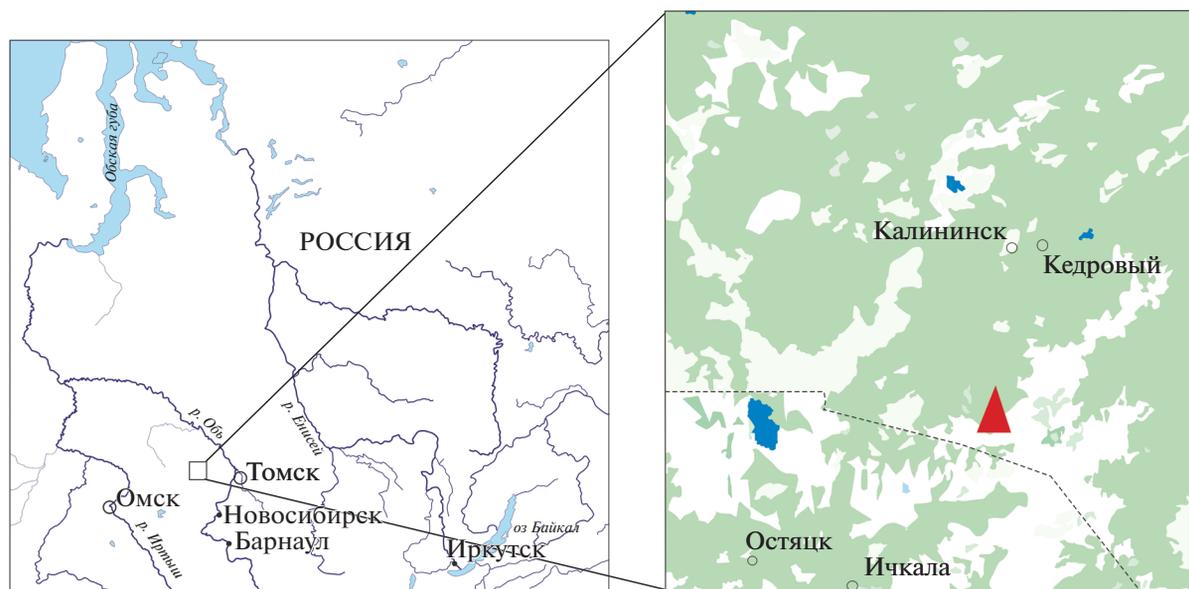


Рис. 1. Карта-схема расположения разреза Болтное: ▲ – место скважины.

позднем голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа и AMS-датирования водораздельного верхового болота Болтное.

### РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования находится в южно-таежной подзоне. Согласно лесорастительному районированию Г.В. Крылова [3], эта территория относится к зоне равнинных лесов, подзоне березово-сосново-темнохвойных лесов, Средне-Иртыш-Обской кедрово-березовой подпровинции, Васюганско-Чайнскому кедрово-березовому заболоченному округу. В подпровинции леса занимают 47% площади, преобладают березовые – 72%, сосновые – 11%, кедровые – 9%, пихтовые – 4%, осиновые – 2%, еловые – 1% леса, ивовые заросли – 1%. Заболоченность территории – 48% [3]. В районе исследования преобладают низкие рьямы – верховые болота, облесенные сосной [1].

Современный климат территории исследования – континентально-циклонический, с продолжительной холодной зимой и коротким теплым, влажным летом. За период инструментальных наблюдений на ближайшей к разрезу метеостанции Пудино (1929–2012 гг.) температуры самого холодного месяца (января) варьировали от  $-14.7$  до  $-24.9^{\circ}\text{C}$ , температуры июля – от  $11.3$  до  $24.2^{\circ}\text{C}$ . Холодный период с температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  в среднем длился 159 дней. Продолжительность вегетационного периода с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$  в среднем составляет 118.8 дней. Многолетнее среднегодовое количество осадков – 478 мм, в теплое время года – 215 мм [4]. По гидролого-кли-

матическому районированию исследуемая территория входит в зону с оптимальным сочетанием тепла и влаги в средние и сухие годы и избыточным увлажнением – во влажные годы [5].

Территория исследования расположена в самом центре Обь-Иртышского водораздела, в верховье р. Большая Казанка, правобережного притока р. Чузик, вблизи истока р. Тара (приток Иртыша), в центральной части Большого Васюганского болота (рис. 1). Здесь представлены олиготрофные болотные массивы “Нарымского” типа, находящиеся на поздней стадии развития, с плоскими сильно заозеренными вершинами и мощными торфяными залежами из слаборазложившихся сфагновых торфов верхового типа [6]. Современная растительность в окружении болота представлена широкими полосами лесов (60–140 м), в основном из лиственных пород (березы и осины), а также сосны с примесью кедра и ели. По заболоченным окраинам болотного массива произрастают пирогенные березняки, сформировавшиеся на месте бывших рослых рьямов, выгоревших около 90 лет назад.

Торфяной разрез Болтное ( $57^{\circ}04'44.3''$  с.ш.,  $79^{\circ}34'29.2''$  в.д., высота 148 м над ур. м.) заложен на окраине одного из локальных вершинных плато, в низком регрессивном рьяме (сосново-кустарничково-мохово-лишайниковом сообществе) со *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr., обильными лишайниками и более обводненными западинами со *Sphagnum balticum* (Russ.) C. Jens. Исследование торфяной залежи проведено с высокой степенью детализации. Образцы отобраны буром ТБГ-1 до глубины 100 см с шагом 1–2.5 см, ниже –

**Таблица 1.** Данные AMS-датирования и калиброванный возраст целлюлозы из образцов торфа разреза Болтное

Глубина взятия образца, см	Лабораторный номер	$^{14}\text{C}$ возраст, лет (до 1950 г.)	Калиброванный $^{14}\text{C}$ возраст, лет (до 1950 г.)	
			диапазоны $2\sigma$	среднее
28–30	NSKA-1904	$0 \pm 5$	Modern	Modern
72.5–75	NSKA-1872	$320 \pm 78$	494–86	368
110–115	NSKA-1873	$661 \pm 76$	728–536	622
185–190	NSKA-1979	$1598 \pm 54$	1598–1362	1478
225–230	NSKA-1875	$1757 \pm 85$	1801–1486	1651
230–235	NSKA-1980	$1816 \pm 60$	1877–1627	1767
305–310	NSKA-1981	$2949 \pm 61$	3321–2938	3116
425–430	NSKA-1982	$3762 \pm 70$	4385–3936	4143
560–565	NSKA-1651	$4473 \pm 71$	5302–4885	5120

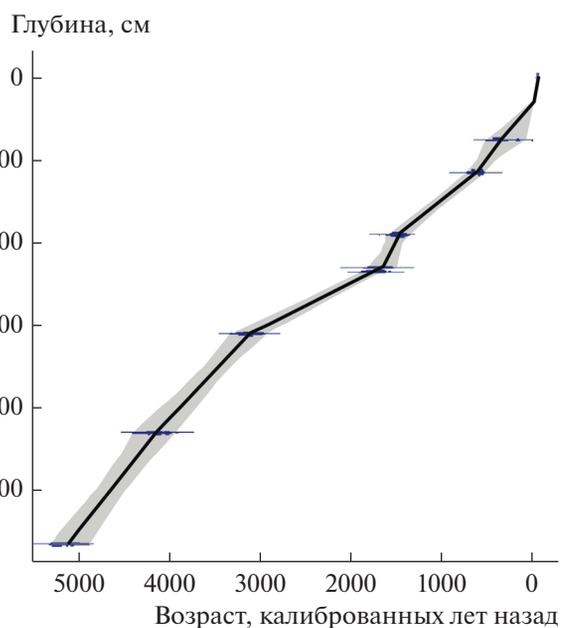
5 см. Выполнены анализы на ботанический состав, степень разложения, зольность и плотность торфа по методикам Инсторфа [7].

Для определения абсолютного возраста образцов торфа применяли метод AMS-датирования. Подготовка проб выполнена в ЦКП “Геохронология кайнозоя” ИАЭТ СО РАН (г. Новосибирск) инженером В.С. Пановым и с.н.с. Е.В. Пархомчук. AMS-датирование проведено с использованием УНУ “УМС ИЯФ СО РАН” Института ядерной физики им. Г.И. Будкерва СО РАН, получено 9 AMS-дат (табл. 1). Калибровка дат выполнена в программе CALIB 7.0.4 [8, 9]. Глубинно-возрастная модель и данные возрастов недатированных слоев залежи рассчитаны в программе Clam [10, 11] (рис. 2). Календарный возраст палинозон приведен по результатам калибровки в этой программе с округлением  $\pm 5$  лет.

Анализ пыльцы и спор, а также непалиноморф 100 образцов верхней половины разреза мощностью 4.5 м от дневной поверхности произведен на базе лаборатории “Популяционной биологии древесных растений и динамики леса” БС УрО РАН (г. Екатеринбург). Камеральную подготовку образцов осуществляли по стандартной методике [12], микроскопическое исследование образцов – на микроскопе AXIO Scope A1 (ZEISS) при увеличении  $\times 400$ , при детальном исследовании – до  $\times 1000$ . Доли пыльцы и спор таксонов рассчитывали полугрупповым способом [13]. По группам подсчитывали количество пыльцы древесных и кустарниковых растений (AP), трав и кустарничков (NAP), споровых растений; за 100% принимали пыльцу AP, а прочие компоненты рассчитывали от этой суммы. Таксономическую принадлежность пыльцы, спор и вегетативных растительных микроостатков, встреченных в поле зрения, определяли по атласам [14, 15].

По результатам спорово-пыльцевого анализа (СПА) были построены спорово-пыльцевые диаграммы (СПД) в программах TILIA-2 и TILIA-

GRAPH [16]. Кривые на диаграмме отражают изменение доли участия таксона в спорово-пыльцевом спектре на протяжении всего периода осадконакопления. При выделении на СПД палинозон учитывали наличие в спорово-пыльцевых спектрах региональных, локальных и сублокальных элементов растительности. Корректность их выделения подтверждена кластерным анализом, выполненным в программе TILIA-2. Редакцию диаграмм осуществляли в векторной программе CorelDRAW X7.



**Рис. 2.** Глубинно-возрастная модель разреза Болтное. Поздний голоцен: серая зона показывает 95%-ную достоверность времени осадконакопления; черная линия отражает одиночные “самые лучшие” значения, основанные на средневзвешенном возрасте на каждой глубине [10, 11].

**Таблица 2.** Скорости аккумуляции торфа, его органического вещества и прироста торфа в разрезе Болтное

Глубина, см	Возраст, $^{14}\text{C}$ л. н.	Возраст, кал. л. н.	Вак а.с.т., г/м <sup>2</sup> в год	Вак ОВ, г/м <sup>2</sup> в год	Впр, мм/год
75	320 ± 78	368	85.4	83.3	1.74
115	661 ± 76	622	76.2	74.8	1.57
190	1598 ± 54	1478	39.7	39.2	0.88
235	1816 ± 60	1767	70.2	68.9	1.56
310	2949 ± 61	3116	28.8	28.4	0.56
430	3762 ± 69	4143	65.1	64.1	1.17
565	4473 ± 70	5120	77.6	75.9	1.38

Примечание. Вак а.с.т. — скорость аккумуляции торфа в год; Вак ОВ — скорость аккумуляции органического вещества; Впр — скорость прироста торфа.

Выделенные этапы развития лесной растительности сопоставлены с хронологическими эталонами подразделения голоцена: схемой Блитта-Сернандера, адаптированной для Северной Евразии Н.А. Хотинским [17], и по современному делению голоцена на ранний, средний и поздний [18].

Реконструкцию климатических флуктуаций проводили на основе знаний об экологических предпочтениях эдификаторов растительности в спорово-пыльцевых спектрах [3, 19, 20] и изменению их соотношений по глубине залежи. Учитывали региональную особенность спектров — пыльца сосны (*Pinus sylvestris* L.) может быть региональным и в значительной степени локальным компонентом при переходе болот на олиготрофную стадию развития, а также во время пирогенных сукцессий, приуроченных в регионе к периодам сухих похолоданий [21, 22].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованная толща торфяной залежи (450 см) образована слаборазложившимися низкозольными верховыми торфами, преимущественно фускум-торфом и различными мочажинными (ангустифолиум, балтикум, майус), с многочисленными прослойками, обогащенными остатками пушицы, шейхцерии, иногда сосны.

В результате радиоуглеродного анализа (табл. 1) получили 9 дат. Радиоуглеродные даты выше 75 см не учитывали, т.к.  $^{14}\text{C}$  даты моложе 250 л. н. считаются некорректными. Расчет возрастов слоев, расположенных выше 75 см, был проведен по кумулятивной массе органического вещества торфа [23]. При этом для слоя торфа на глубине 15 см с экстремумом зольности получен возраст, равный 1964 г. Этот год является общепринятым временным репером периода максимума наземных ядерных испытаний и датирует слои по экстремуму  $^{137}\text{Cs}$  [24].

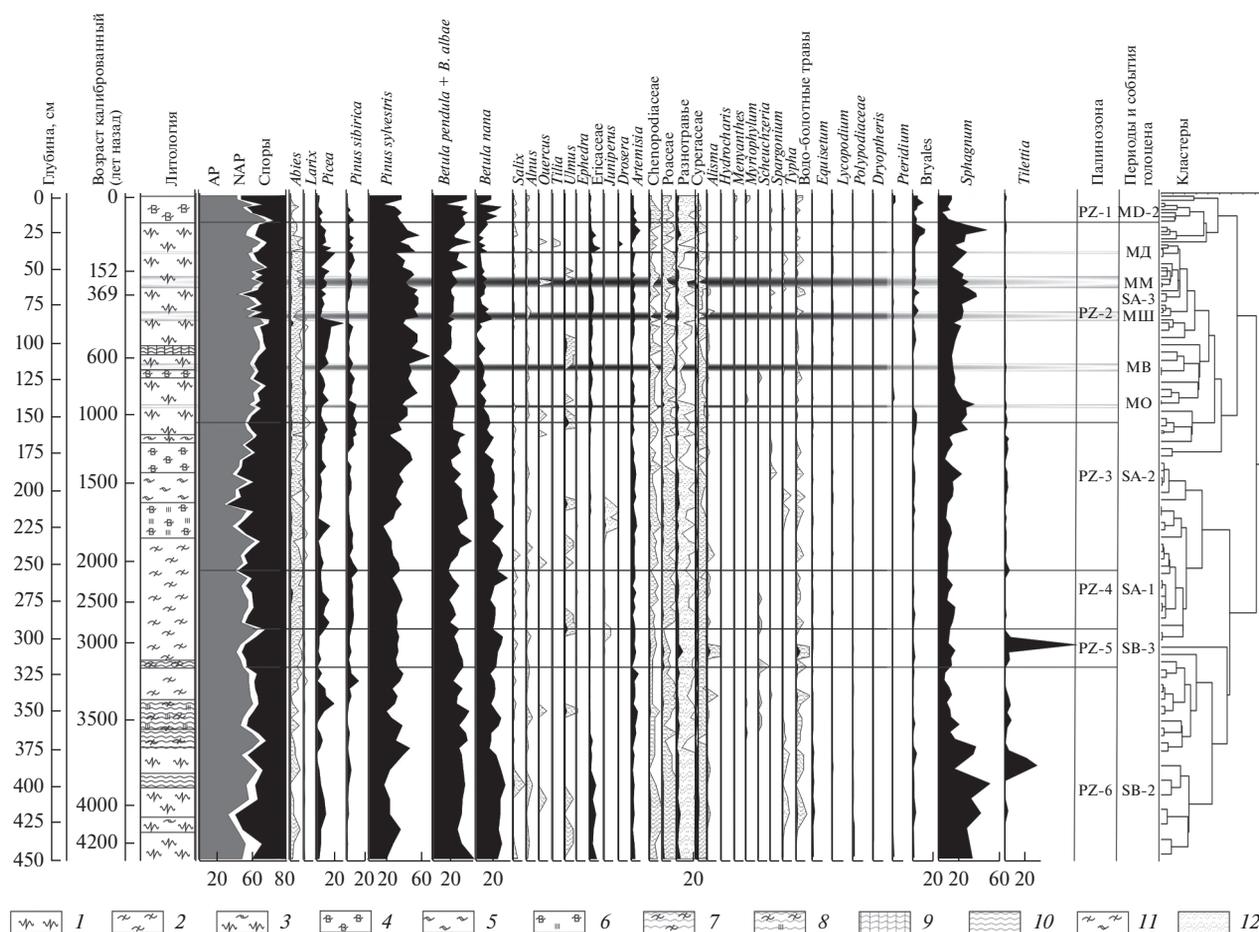
Глубинно-возрастная модель разреза Болтное (см. рис. 2) фиксирует неравномерное формиро-

вание торфяной залежи, типичное для южно-таежных болот Западной Сибири [21]. Результаты расчета скорости аккумуляции и прироста торфа и его органического вещества приведены в табл. 2. Характерны высокие значения этих показателей, кроме периода с 3116 до 1767 кал. л. н. (Вак ОВ — 28.8 г/м<sup>2</sup> в год). В Западной Сибири именно в этот период (около 3000 л. н.) в условиях сухого похолодания на многих болотах происходило криогенное прекращение торфонакопления [22, 23, 25]. По аналогии с другими торфяниками мы предполагаем наличие такого прекращения и на разрезе Болтное. Период прекращения торфонакопления на 780 лет выделен на глубине 295–300 см (2215–2995 кал. л. н.) — расчет произведен по авторской методике [26].

Спорово-пыльцевые спектры на диаграмме (рис. 3) в целом характеризуют лесную растительность. Доминантами на протяжении всего разреза являются сосна (*Pinus sylvestris* L.) и береза (*Betula* sect. *Albae*), субдоминантами — ель сибирская (*Picea obovata* (Ledeb.) Domin) и кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour). Спектры травянистых растений представлены в основном анемофильными травами (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Roaceae*), а также луговым разнотравьем, локальная растительность — пыльцой и спорами болотных растений, среди которых доминирует сфагнум (*Sphagnum*), заметно участие зеленых гипновых мхов (*Bryales*), встречаются споры папоротников, хвощей, плаунов, а также пыльца некоторых водноболотных растений (*Polypodiaceae*, *Equisetum*, *Lycopodium*).

На споро-пыльцевой диаграмме выделяется 6 палинозон (PZ), характеризующих динамику региональной и сублокальной растительности в позднем голоцене.

**Пыльцевая зона PZ-6** (3195–4285 кал. л. н.) на глубине 320–450 см объединяет слои фускум-торфа, пушицевого и ангустифолиум-торфа. Палинозона выделена по преобладанию в спектрах пыльцы березы: древовидной (*Betula* sect. *Albae*) —



**Рис. 3.** Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Болтное. Виды торфа: 1 – фускум; 2 – ангустифолиум; 3 – балтикум; 4 – комплексный верховой; 5 – майус; 6 – шейхериево-сфагновый; 7 – пушицево-сфагновый; 8 – шейхериево-пушицево-сфагновый; 9 – сосново-пушицево-сфагновый; 10 – пушицевый; 11 – мочажинный; 12 – доля таксона при увеличении  $\times 10$  раз; PZ – палинозоны; SB – суббореальный период; SA – субатлантический период. Минимумы солнечной активности: MO – минимум Оорта (1010–1050 гг.); MB – минимум Вольфа (1280–1340 гг.); МШ – минимум Шперера (1450–1540 гг.); MM – минимум Маундера (1642–1715 гг.); MD – минимум Дальтона (1790–1820) [29].

до 55%, карликовой березки (*Betula sect. Nanae*) – до 30%, а также сосны (*Pinus sylvestris* L.) и ели (*Picea*). На диаграмме видны три максимума ели на глубине 420 см (4275 кал. л. н.), 375 см (3670 кал. л. н.) и 345 см (3410 кал. л. н.); на этих же глубинах присутствует пыльца широколиственных вяза (*Ulmus*), дуба (*Quercus*) и отмечается небольшое увеличение содержания пыльцы пихты (*Abies*). Эти изменения свидетельствуют о потеплениях и увеличении влагообеспеченности. Выпадение пыльцы ели и широколиственных из спектров на глубинах 380, 360 и 330 см, а также увеличение доли кустарниковой растительности: карликовых берез, ив (*Salix*) на глубине 330 см и единичное присутствие пыльцы лиственницы (*Larix*) – фиксируют похолодание либо аридизацию климата. Палинозона сопоставима со средне-суббореальным периодом (SB<sub>2</sub>) [26]. Возраст палинозоны подтверждается датой  $3762 \pm 70$  <sup>14</sup>C л. н. (NSKA-1982) образца торфа на глубине 425–430 см.

**Пыльцевая зона PZ-5** расположена на глубине 295–320 см. Нижняя граница стратиграфическая – ангустифолиум/шейхериево-пушицево-сфагновый торф (2840–3195 кал. л. н.). Зона характеризуется снижением участия ели и отсутствием широколиственных на фоне доминирования берез. В общем составе отмечается снижение доли древесных в спектрах. На глубине 305 см выделяется абсолютный максимум спор гриба *Tilletia* (из семейства головневых (Ustilaginales), паразитирующих на злаковых растениях), что свидетельствует об обилии растений данного семейства и косвенно – об аридизации в это время. Максимумы водно-болотных трав (макрофитов) в зоне указывают на условия мелководий в районе исследования. Палинозона сопоставима с позднесуббореальным сухим похолоданием (SB<sub>3</sub>). Возраст палинозоны подтвержден датой  $2949 \pm 61$  <sup>14</sup>C л. н. (NSKA-1981) образца на глубине 305–310 см.

**Пыльцевая зона PZ-4** (2125–2840 кал. л. н.) на глубине 255–295 см выделяется в слое ангустифолиум-торфа. Граница зоны проведена на уровне подъема кривой ели и присутствию пыльцы вяза в спектрах. В палинозоне в целом увеличивается содержание темнохвойных (ели, пихты, кедра сибирского) – в сумме до 20–25%. Спектры палинозоны отражают период потепления и увлажнения в раннем субатлантикуме (SA<sub>1</sub>).

**Пыльцевая зона PZ-3** (1080–2125 кал. л. н.) на глубине 155–255 см объединяет слои ангустифолиум, шейхцериево-сфагнового, майус торфов. Спектры отражают уменьшение доли кедр, пыльца сосны замещается пыльцой берез, встречается пыльца лиственницы. Пики на графиках берез и присутствие лиственницы на глубинах (165–175 см) указывают на возможные похолодания. Выделены влажные периоды по максимумам ели и сокращению доли сосен на уровне 225 см (1630 кал. л. н.) и 160–170 см (1140–1250 кал. л. н.). Сухие похолодания выделены по увеличению доли карликовых берез, присутствию лиственницы, увеличению пыльцы анемофильных трав на глубине 245 см (1945 кал. л. н.), по максимуму берез и кустарников (ольхи и ив) и водно-болотных растений – на глубине 215 см (1590 кал. л. н.). Палинозона маркируется тремя датами:  $1816 \pm 60$  <sup>14</sup>C л. н. (NSKA-1980) – на глубине 230–235 см,  $1757 \pm 85$  <sup>14</sup>C л. н. (NSKA-1975) – 225–230 см,  $1598 \pm 54$  <sup>14</sup>C л. н. (NSKA-1979) – 185–160 см и сопоставляется со средним субатлантикумом (SA<sub>2</sub>).

**Пыльцевая зона PZ-2** (100–1080 кал. л. н.) – 18–155 см, слой фускум торфа с прослойками пушицевого и балтикум. Палинозона выделена по преобладанию пыльцы сосны и темнохвойных (ели и пихты). Спектры фиксируют климатические осцилляции. На глубине 130–155 см (795–1080 кал. л. н.) увеличивается содержание пыльцы сосны, кедр, ели и пихты, присутствует пыльца дуба и вяза; эти изменения отражают влажное потепление. Внутри этого периода на глубине 145 см спектры фиксируют сухое похолодание (935–965 кал. л. н.), с учетом погрешности датирования его возраст сопоставим с минимумом Оорта. Сухое похолодание фиксируется и в спектрах слоя 120–130 см (680–795 кал. л. н.) по максимуму берез, исчезновению широколиственных, снижению доли ели и кедр, единичному присутствию пыльцы эфедры. По возрасту оно практически совпадает с минимумом Вольфа. Слой 90–100 см (400–530 кал. л. н.) фиксирует увеличение количества пыльцы ели, кедр, сосны, появление пыльцы вяза, отражая влажное потепление. На глубине 85 см (около 450 кал. л. н.) заметно резкое падение кривой ели с 32 до 10%; сокращение количества пыльцы сосны, кедр, пихты, увеличение доли карликовой березки, по-видимому, указывают на аридизацию. Последующее

похолодание в слое 80–82.5 см (400–415 кал. л. н.) совпадает с концом минимума Шперера. Следующие похолодания, совпадающие с минимумами Маундера (влажное) и Дальтона (сухое), фиксируются в слоях 60–62.5 и 42.5–45 см с соответствующими возрастными 285–300 и 165–175 кал. л. н. Между похолоданиями на глубине 52 см (около 350 кал. л. н.) фиксируется влажное потепление по пикам кривых пыльцы ели, сосны, кедр.

Похолодания, зафиксированные по пыльцевым данным, сопоставимы по времени с минимумами солнечной активности, установленными по астрофическим данным в Западной Европе [27], калиброванный возраст которых составляет. Оорта – 1010–1050 гг.; Вольфа – 1280–1340 гг.; Шперера – 1450–1540 гг.; Маундера – 1642–1715 гг.; Дальтона – 1790–1820 гг. По данным спорово-пыльцевого анализа они были сухими, кроме минимума Маундера (см. рис. 3).

**Пыльцевая зона PZ-1** – верхние 18 см, отражают становление лесных фитоценозов под влиянием естественных факторов и антропогенного воздействия, усилившегося в регионе за последние 100 лет. Большое содержание микроугольков свидетельствует о пожарах; сокращение доли пыльцы древесной растительности, прежде всего хвойных, может быть связано с массовой рубкой леса.

Выделенные природно-климатические изменения в южно-таежной подзоне Западной Сибири в позднем голоцене приведены в табл. 3. Сравнительный анализ результатов спорово-пыльцевого анализа и AMS-датирования разреза Болтное и данных из публикаций В.С. Волковой с соавт. [28, 29] и И.В. Курьиной с соавт. [30] показал схожую динамику термического и влажностного режимов.

## ВЫВОДЫ

1. Дробный отбор образцов и результаты комплексного исследования методами спорово-пыльцевого анализа, AMS-датирования торфяного разреза водораздельного болотного массива Болтное позволили провести детальную реконструкцию динамики региональной лесной растительности и природно-климатических условий в южной тайге Западной Сибири во второй половине голоцена.

2. Выявлен период криогенного прекращения торфонакопления с 2215–2995 кал. л. н. по динамике скорости аккумуляции и приростов торфа и его органического вещества и результатам AMS-датирования.

3. На спорово-пыльцевой диаграмме выделено 6 основных палинозон, отражающих динамику лесной растительности и соответствующие климатические изменения. Выделены периоды изменений термического и влажностного режимов: похолодания – 4280; 2700–3230; 2215; 1590–1770;



1140; 680–795; 450; 255; 150 кал. л. н.; потепления – 3670–4010; 2570; 1860; 1490; 970; 400–560 кал. л. н.; повышение влагообеспеченности – 4010; 3230–3670; 2215–2570; 1630; 970–1480; 560; 310 кал. л. н.; фазы аридизации климатических условий – 4280; 3155; 1770–1860; 1590; 740; 400 кал. л. н.

4. Несколько похолоданий по времени совпадают с минимумами солнечной активности (СА): Оорта (1010–1050 гг.); Вольфа (1280–1340 гг.); Шперера (1450–1540 гг.); Маундера (1642–1715 гг.); Дальтона (1790–1820 гг.), выделенных по астрофическим данным в Западной Европе [29]. По данным СПА они были сухими, кроме минимума Маундера (см. рис. 3). Выявленное совпадение минимумов СА и преимущественно сухих похолоданий на территории Западной Сибири указывает на их глобальный характер.

Авторы признательны В.А. Базанову за помощь в отборе материала; Н.К. Пановой – за научную консультацию по вопросам палеоэкологической реконструкции; А.Т. Галимову – за помощь в статистической обработке данных и построении глубинно-возрастной модели.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-05-00860-а).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болота Западной Сибири. Их строение и гидрологический режим. Под ред. Иванова К.Е., Новикова С.М. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 447 с.
2. Исследование природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота / Отв. ред. Кабанов М.В. и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 243 с.
3. Крылов В.Г. Леса Западной Сибири (история изучения, типы лесов, районирование, пути использования и улучшения). М.: Изд-во АН СССР, 1961. 255 с.
4. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: [http://aisori.meteo.ru/ClimateR] (03.04.2018).
5. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 168 с.
6. Бронзов А.Я. Верховые болота Нарымского края (бассейн р. Васюган) // Тр. Ин-та торфа. М., 1930. Вып. 3. С. 1–100.
7. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 320 с.
8. Программа калибровки радиоуглеродных данных. URL: [http://calib.qub.ac.uk/calib/download/] (03.04.2018).
9. Stuiver M. INTCAL98 radiocarbon age calibration 24,000–0 cal BP // Radiocarbon. 1998. V. 40. P. 1041–1083.
10. Blaauw M., Wolfforth B., Christen J.A. et al. Were last glacial climate events simultaneous between Greenland and France. A quantitative comparison using non-tuned chronologies // J. of Quaternary Science. 2010. V. 25. P. 387–394.
11. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 yr cal BP // Radiocarbon. 2013. V. 55(4). P. 1869–1887.
12. Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: ОГИЗ Географгиз, 1948. С. 224.
13. Левковская Г.М. Современные представления о способах подсчета результатов спорово-пыльцевого анализа четвертичных отложений и построение диаграмм // Проблемы палеогеографии / Под ред. Зубакова А.И. Л., 1965. С. 314.
14. Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.: Госэнергоиздат, 1959. С. 363.
15. Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. Pollen analysis. Second edition. Blackwell Science, 1991. 216 p.
16. Grimm E.C. TILIA and TILIA. GRAPH: PC spreadsheet and graphics program // 8th International palynological congress. Program & abstracts. Aix-en-Provence, France, 1992. P. 56.
17. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 199 с.
18. Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S. et al. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: A Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). Quaternary Research Association, 2012. P. 649–659.
19. Преис Ю.И. Модели аккумуляции торфа в голоцене в лесной зоне Западной Сибири // Биогеоэкология и ландшафтная экология: итоги и перспективы: Мат-лы IV межд. конф., посвященной памяти Ю.А. Львова. Томск: Изд-во ТГУ, 2012. С. 126–130.
20. Преис Ю.И. Детальная реконструкция функционального состояния болота как отклик на изменения континентального климата голоцена (средняя тайга Западной Сибири) // Изв. Томского политехн. ун-та. Томск, 2015. Т. 326. № 2. С. 90–102.
21. Преис Ю.И. Палеокриогенные процессы в торфяных отложениях юго-востока Западной Сибири // Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы: Труды междунар. конф. Под ред. Мельникова В.П. и Дроздова Д.С. Тюмень: Изд-во “Эпоха”, 2015. С. 305–308.
22. Преис Ю.И. Пути олиготрофизации растительности болот южной тайги Западной Сибири // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Мат-лы VI междунар. научн. конф., посвященной 100-летию профессора А.В. Положий. Томск: Изд-во ТГУ, 2017. С. 79–81.
23. Преис Ю.И., Бобров В.А., Будашкина В.В., Гавшин В.М. Оценка потоков минерального вещества по свойствам торфяных отложений Бакчарского болота (южная тайга Западной Сибири) // Изв. ТПУ. Томск, 2010. Т. 316. № 1. С. 43–47.

24. *Clymo R.S.* The limits to peat bog growth // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1984. Series B. V. 303. P. 605–654.
25. *Прейс Ю.И., Симонова Г.В., Слагода Е.А.* Детальная стратиграфия и динамика хасырея Центрального Ямала в верхнем голоцене // *Изв. Томского политехн. ун-та*. Томск, 2016. Т. 327. № 10. С. 35–49.
26. *Хотинский Н.А.* Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // *Новые данные по геохронологии четвертичного периода*. М., 1987. С. 39–45.
27. *Леви К.Г., Задонина Н.В., Язев С.А.* и др. Гелиогеодинамика: Природные аспекты глобальных солнечных минимумов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. 462 с.
28. *Волкова В.С.* Стратиграфия и история развития растительности Западной Сибири в позднем кайнозое. М.: Наука, 1977. 238 с.
29. *Волкова В.С., Гнибиденко З.Н., Горячева А.А.* Климатическая ритмика голоцена центральной части Западно-Сибирской равнины (палинология, магнетизм) // *Основные закономерности глобальных и региональных изменений климата и природной среды в позднем кайнозое Сибири*. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2002. С. 48–57.
30. *Курьина И.В., Веретенникова Е.Э., Головацкая Е.А.* и др. Динамика уровня обводненности болот в южно-таежной подзоне Западной Сибири в среднем и позднем голоцене // *Вестн. Томского гос. ун-та. Биология*. Томск. 2018. № 42. С. 218–241.