

УДК 551

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

© 2017 г. Елена Ю. Новенко^{1,2}, Инна С. Зюганова²,
Кристина В. Дюжова³, Елена М. Волкова⁴

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия

²Институт географии РАН, Москва, Россия

³Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, Россия

⁴Тульский государственный педагогический университет имени Л. Н. Толстого, Тула, Россия

e-mail: lenanov@mail.ru, inna0110@gmail.com

Поступила в редакцию 24.05.2016 г.

Аннотация. В статье представлены результаты спорово-пыльцевого и карпологического анализов, изучения ботанического состава торфа и радиоуглеродного датирования торфяной залежи болота Источек (пос. Ясная Поляна, Тульская обл.). На основе этих данных выполнены реконструкции изменений растительности на севере Среднерусской возвышенности в среднем и позднем голоцене. Полученные данные показали, что в период 6500–4500 кал. л.н. изучаемая территория находилась в полосе экотона между лесной и степной зонами Восточно-Европейской равнины. Граница лесной области проходила вблизи изучаемого разреза и находилась на 50–70 км севернее ее современного положения. Около 4500 кал. л.н. похолодание и увлажнение климата привело к увеличению площади лесов в регионе и продвижению границы леса к югу. Трансформация растительного покрова, вызванная антропогенным воздействием, прослеживается по палеоботаническим данным из разреза Источек, начиная примерно с 2000 кал. л.н., однако коренные изменения природной среды, связанные с уничтожением естественной растительности в регионе и распространением вторичных лесов и агроландшафтов, произошли в течение последних 300 лет.

Ключевые слова: голоцен, спорово-пыльцевой анализ, ботанический анализ торфа, карпологический анализ, реконструкция растительности, Среднерусская возвышенность.

DOI: 10.7868/S0373244417050073

VEGETATION DYNAMICS ON THE SOUTHERN BOUNDARY OF THE BROAD-LEAVED FOREST ZONE OF THE EAST EUROPEAN PLAIN IN THE MIDDLE AND LATE HOLOCENE

Elena Yu. Novenko^{1,2}, Inna S. Zyuganova², Kristina V. Dyuzhova³, and Elena M. Volkova⁴

¹Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Institute of Arid Zones, Southern Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

⁴Tula State Pedagogical University, Tula, Russia

e-mail: lenanov@mail.ru, inna0110@gmail.com

Received May 24, 2016

Abstract. The paper presents new results of pollen and carpological analyses, as well as the plant macrofossil analysis and the radiocarbon dating of the peat profile of the Istochek peatland (the village of Yasnaya Polyana, Tula oblast). Based on these data, the reconstructions of vegetation dynamics on the north of the Middle Russian Upland during the Middle and Late Holocene were performed. The obtained data indicate that in the period 6500–4500 cal. years BP the study area was in the ecotone band between forest and steppe

zones of the East European Plain. The boundary of the forest zone passed nearby the study area and was located in 50–70 km to the north in compare with its present position. Climate cooling and rise in moisture at 4500 cal. years BP led to increase of forested areas and shifted the forest boundary to the south. Human induced vegetation changes are traced in paleobotanical data from the Istochek peatland since 2000 cal. years BP, however dramatic environment deterioration when the natural vegetation was replaced by secondary forest stands and agricultural lands occurred during the last 300 years.

Keywords: Holocene, pollen analysis, plant macrofossil analysis, carpological analysis, reconstructions of vegetation dynamics, Mid-Russian Upland.

Введение. Реконструкция развития ландшафтов экотона между лесной и степной зонами Европейской части России и история их сельскохозяйственного освоения уже долгое время являются одним из актуальнейших направлений палеогеографических исследований. Северная часть Среднерусской возвышенности, рассмотренная в представленной работе, приурочена к этому крупному природному рубежу, что дало нам возможность изучить реакцию геосистем региона на климатические изменения в голоцене. Плодородные почвы и высокое ландшафтное разнообразие сделали этот регион особенно благоприятным для сельского хозяйства и жизни населения [7, 10, 12, 17, 19]. В результате длительного хозяйственного освоения территории естественная растительность почти полностью уничтожена на значительных площадях, поэтому полученные нами новые реконструкции растительности у южной границы зоны широколиственных лесов в среднем и позднем голоцене очень важны как для палеоклиматических исследований, так и для оценки влияния антропогенного фактора на формирование ландшафтов региона.

Палеоботанические исследования Среднерусской возвышенности проводятся уже около сорока лет, но большинство ранних работ было основано только на данных палинологического анализа и содержало небольшое число радиоуглеродных дат [5, 15, 16]. В последние годы были проведены комплексные палеоэкологические исследования ряда разрезов, расположенных в разных районах Среднерусской возвышенности [10, 11, 12]. Кроме того, эти разрезы обеспечены сериями радиоуглеродных датировок, что позволило выполнить реконструкции ландшафтов и климата голоцена с высоким временным разрешением.

В данной работе представлены новые материалы детальных палеоботанических исследований торфяной залежи болота Источек (пос. Ясная Поляна, Тульская область) и выполненные на их основе реконструкции палеорастительности среднего и позднего голоцена на севере Среднерусской возвышенности, которые дополняют имеющиеся региональные исследования и могут послужить основой для межрегиональных корреляций.

Район исследований. Палеоботанические исследования были проведены на территории

Мемориального и природного заповедника «Музей-усадьба Л.Н. Толстого “Ясная Поляна”» (Тульская область, Щекинский р-н).

Изучаемая территория расположена в центре Восточно-Европейской равнины, в северной части Среднерусской возвышенности и представляет собой полого-волнистую равнину с преобладанием абсолютных отметок 240–260 м на водоразделах. Широкое распространение имеют мелкие карстовые формы рельефа, что обусловлено широким распространением карбонатных палеозойских пород [14]. Четвертичные отложения, распространенные в районе исследований, относятся к нижнему неоплейстоцену и представлены основной мореной донского оледенения мощностью до 15–20 м, а также флювиогляциальными отложениями времени наступания донского ледника, мощностью 12–15 м [1].

Современный климат региона – умеренный, умеренно-континентальный. По данным метеонаблюдений в г. Тула за 1981–2010 гг., средняя температура наиболее теплого месяца составляет +19.4 °С; средняя температура наиболее холодного месяца –7.3 °С. Годовое количество осадков составляет 500–700 мм [6].

Район исследований находится близ южной границы распространения широколиственных лесов (рис. 1). Естественная растительность этой зоны представлена лесами из дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с участием липы (*Tilia cordata* Mill.), клена (*Acer platanoides* L.), вяза (*Ulmus laevis* Pall.) и ясени (*Fraxinus excelsior* L.). В подлеске присутствует лещина (*Corylus avellana* L.), различные виды боярышника и другие кустарники [13]. В настоящее время естественная растительность сохранилась только в виде небольших участков в пределах ООПТ (особо охраняемых природных территорий) среди сельскохозяйственных и селитебных земель.

Болото Источек. Болото Источек (N 54.068032, E 37.51324), расположенное на территории Музея-заповедника “Ясная Поляна”, находится в верхней части склона водораздела рек Упы и Воронки (высота 228 м) (см. рис. 1). Понижение рельефа, которое оно занимает, является карстовым по происхождению. Болото характеризуется эвтрофной растительностью. В центральной части представлены березово-разнотравно- (*Menyanthes trifoliata* L.)-сфагновые

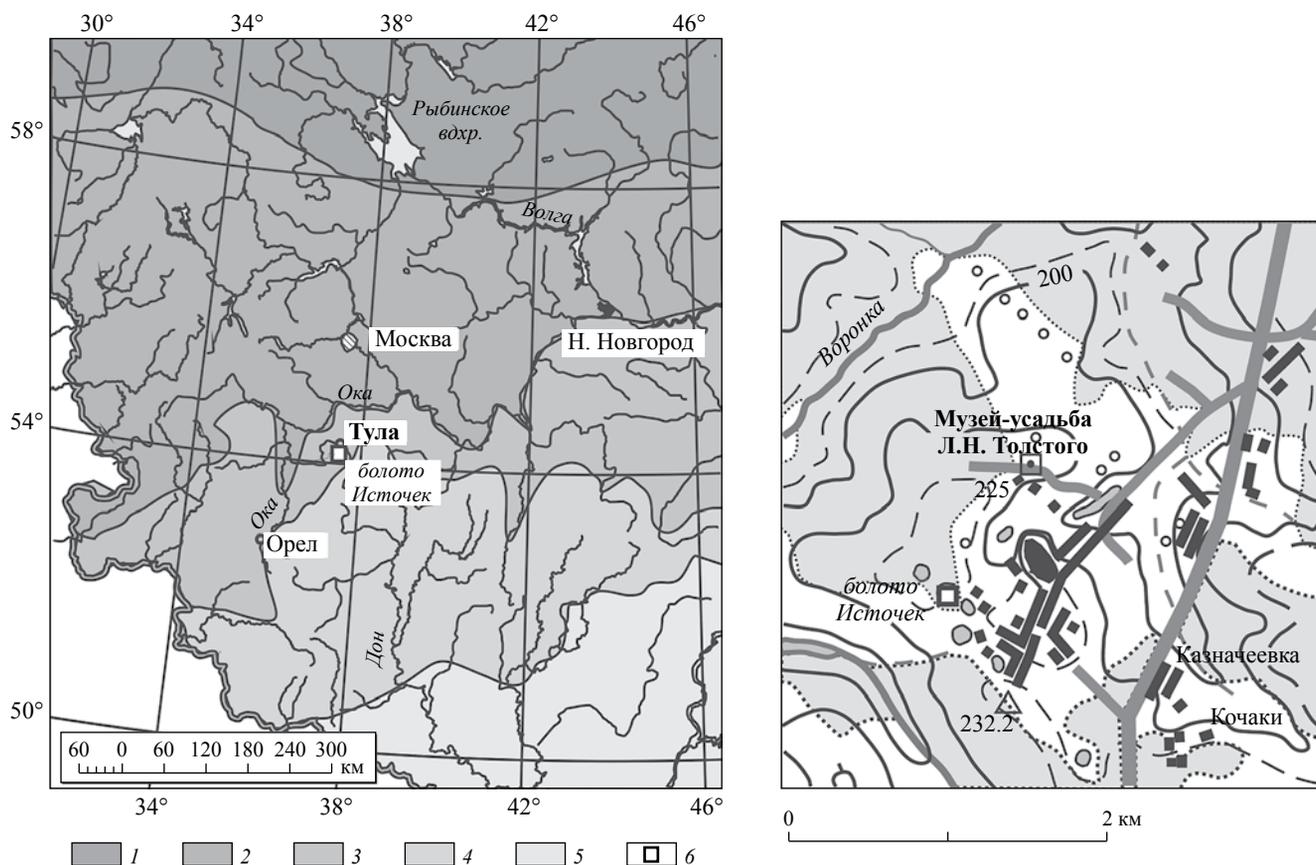


Рис. 1. Местоположение разреза Источек.

Условные обозначения:

1 – южная тайга; 2 – хвойно-широколиственные леса; 3 – широколиственные леса; 4 – лесостепь; 5 – степь; 6 – местоположение района исследований.

и березово-осоково (*Carex vesicaria* L.-*C. riparia* Curtis)-сфагновые сообщества. Краевая часть болота сильно обводнена, здесь произрастает черная ольха (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). В воде отмечены риччия плавающая (*Riccia fluitans* L.), ряски (*Lemna trisulca* L., *Lemna minor* L.), белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.), пузырчатка (*Utricularia vulgaris* L.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) и другие водные и влаголюбивые растения. Современная растительность территории, окружающей болото, представлена дубово-липовым лесом, возобновившимся естественным путем после рубки 1870 г.

Материалы и методы. Спорово-пыльцевой анализ был выполнен для пятиметровой толщи торфа. Образцы для исследования отбирались с интервалом 5–10 см. Подготовка проб проведена по стандартной сепарационной методике [2]. Для расчета процентного содержания компонентов спектра за 100% была принята сумма пыльцы древесных и травянистых растений. ($\Sigma = AP + NAP$, где AP: arboreal pollen – пыльца деревьев и кустарников, NAP: non-arboreal pollen – пыльца трав и кустарничков).

Процентное соотношение спор и водорослей было рассчитано отдельно по отношению к этой сумме. Для расчета концентрации пыльцы и спор в отложениях подготовка образцов происходила с добавлением таблеток, содержащих споры *Lycopodium*.

Ботанический анализ. Образцы на ботанический анализ были отобраны через каждые 5 см. Обработка проб для анализа ботанического состава торфа осуществлялась по методике С.Н. Тюрменова [18]. Идентификация растительных остатков проводилась при помощи атласов [4, 18]. На диаграмме ботанического состава представлены процентные соотношения остатков растений-торфообразователей в образцах объемом 5–10 см³. Степень разложения торфа определялась микроскопическим методом [8].

Карпологический анализ. Всего было проанализировано 25 образцов. Каждый образец охватывал интервал 15–20 см. Лабораторная обработка образцов и выделение карпологических остатков проведены согласно существующим методикам [9, 24]. Для определения субфоссильных семян

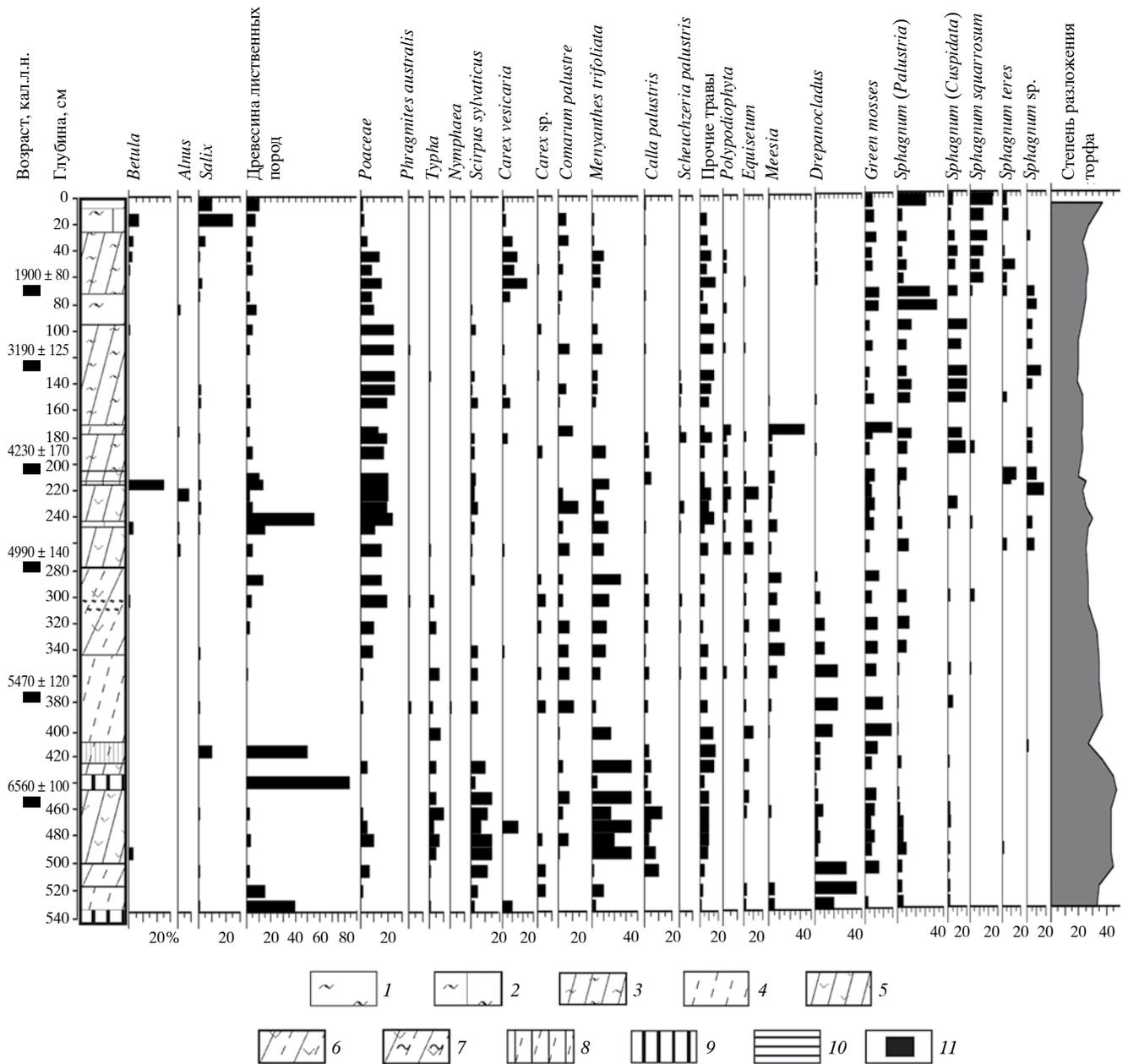


Рис. 2. Ботанический состав торфа болота Источек.

Условные обозначения:

1–9 – разновидности низинного торфа: 1 – сфагновый; 2 – древесно-сфагновый; 3 – травяно-сфагновый; 4 – гипновый; 5 – травяной; 6 – травяно-гипновый; 7 – травяно-гипновый с остатками сфагнума; 8 – древесно-гипновый; 9 – древесный; 10 – глина; 11 – уровни отбора образцов на радиоуглеродное датирование.

и плодов использовались атласы и электронная база данных [3, 22]. На карпологической диаграмме показано количество остатков, рассчитанное для образцов торфа объемом 100 см³.

Количественная обработка данных перечисленных методов и построение диаграмм проводились с помощью пакета программ Tilia/TiliaGraph/TGView [23].

Определение абсолютного возраста образцов проведено в Центре коллективного пользования Радиоуглеродной лаборатории Института географии (таблица). Калибровка радиоуглеродных дат и построение модели “возраст – глубина” (рис. 2) проводили при помощи программы “clam” [21] с использованием калибровочной кривой IntCal13 [25].

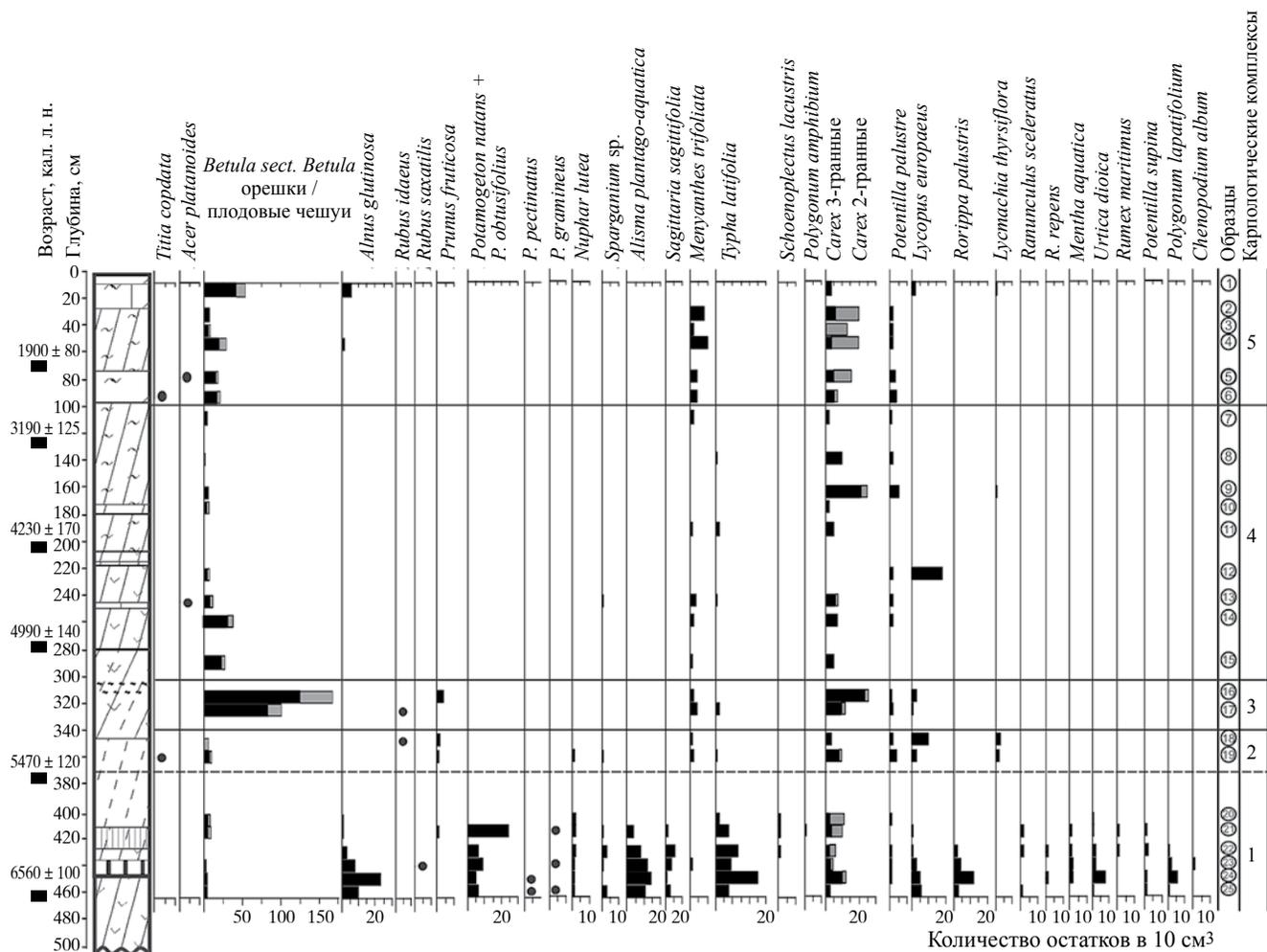


Рис. 3. Карпологи́ческая диаграмма разреза Источек.

Результаты. Ботанический анализ торфа. Торфяная залежь болота Источек полностью представлена низинным торфом (рис. 3), но состав остатков растений-торфообразователей существенно меняется

в изученном разрезе. Нижняя часть залежи (540–530 см) представлена прослоем древесного торфа, в котором преобладает древесина лиственных пород (40%), значительную роль играют остатки

Таблица. Радиоуглеродные датировки отложений болота Источек

Глубина, см	Датированный материал	Радиоуглеродный возраст, лет назад, ВР	Калиброванный возраст, кал. лет назад, ВР
60–70	Торф	1950 ± 70	1900 ± 80
120–130	Торф	3010 ± 90	3190 ± 125
200–210	Торф	3830 ± 120	4230 ± 170
270–277	Торф	4340 ± 90	4990 ± 140
370–380	Торф	4760 ± 110	5470 ± 120
450–465	Торф	5760 ± 90	6560 ± 100

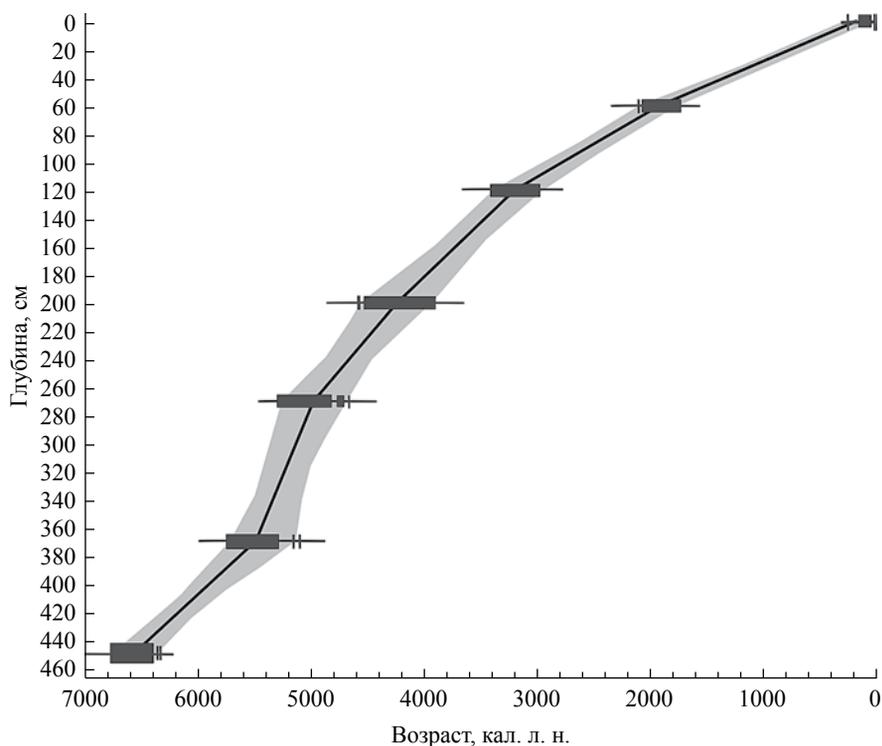


Рис. 4. Модель роста торфяных отложений болота Источек.

гипновых мхов (*Drepanocladus* sp. – 20%). Степень разложения торфа составляет 35%. На глубинах 530–500 см залегают прослой гипнового и травяно-гипнового торфа, содержание древесины лиственных пород резко уменьшается.

Горизонт торфа на глубине 500–445 см представлен травяным низинным торфом, в котором преобладают остатки вахты (*Menyanthes trifoliata*). Степень разложения торфа несколько повышается и составляет 40–45%. На глубинах 445–435 см и 425–410 см вновь отмечаются прослой древесного торфа с высоким (до 85 и 50% соответственно) содержанием древесины лиственных пород. В интервале глубин 410–340 см залегают гипновый низинный торф, в котором преобладают остатки *Drepanocladus* sp. (до 35%). Степень разложения торфа составляет 30–40%. Выше по разрезу он сменяется травяно-гипновым (340–277 см) и травяным низинным торфом (277–100 см). В составе обоих типов торфа на протяжении всего интервала значительную роль играют остатки злаков (15–25%). На глубине 240 см отмечен тонкий прослой древесного торфа, в котором содержание древесины лиственных пород достигает 55%. С глубины 200 см увеличивается содержание остатков сфагновых мхов. Степень разложения торфа составляет 20–30%.

Верхняя часть торфяной залежи (100–0 см) сложена сфагновым и осоково-сфагновым низинным торфом. В самых верхних 20 см залежи преобладают остатки сфагновых мхов; также велико содержание фрагментов коры ивы (*Salix* sp.). Степень разложения торфа повышается до 35–40%.

Спорово-пыльцевой анализ. В изученном разрезе были выделены 5 локальных пыльцевых зон на основании изменений процентного содержания пыльцы и спор и их концентрации (рис. 4, 5).

В спорово-пыльцевых спектрах **зоны 1** (495–340 см) содержание пыльцы деревьев и кустарников составляет около 60%. В этой группе преобладает пыльца ольхи и березы (от 20 до 40%). Доля пыльцы широколиственных пород (*Ulmus*, *Quercus*, *Tilia*) в спектрах составляет от 10 до 15%. Участие пыльцы сосны не превышает 5%, отмечены единичные пыльцевые зерна ели.

В группе пыльцы травянистых растений ведущими компонентами является пыльца Poaceae (до 20%), Cyperaceae (до 12%) и *Artemisia* (до 7%), а также заметно участие пыльцы Chenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Cichoricaceae. Особенность пыльцевых спектров этой зоны – высокая концентрация пыльцы этих таксонов. В спектрах обильна пыльца луговых растений: Rosaceae, Apiaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Caryophyllaceae, Rubiaceae,

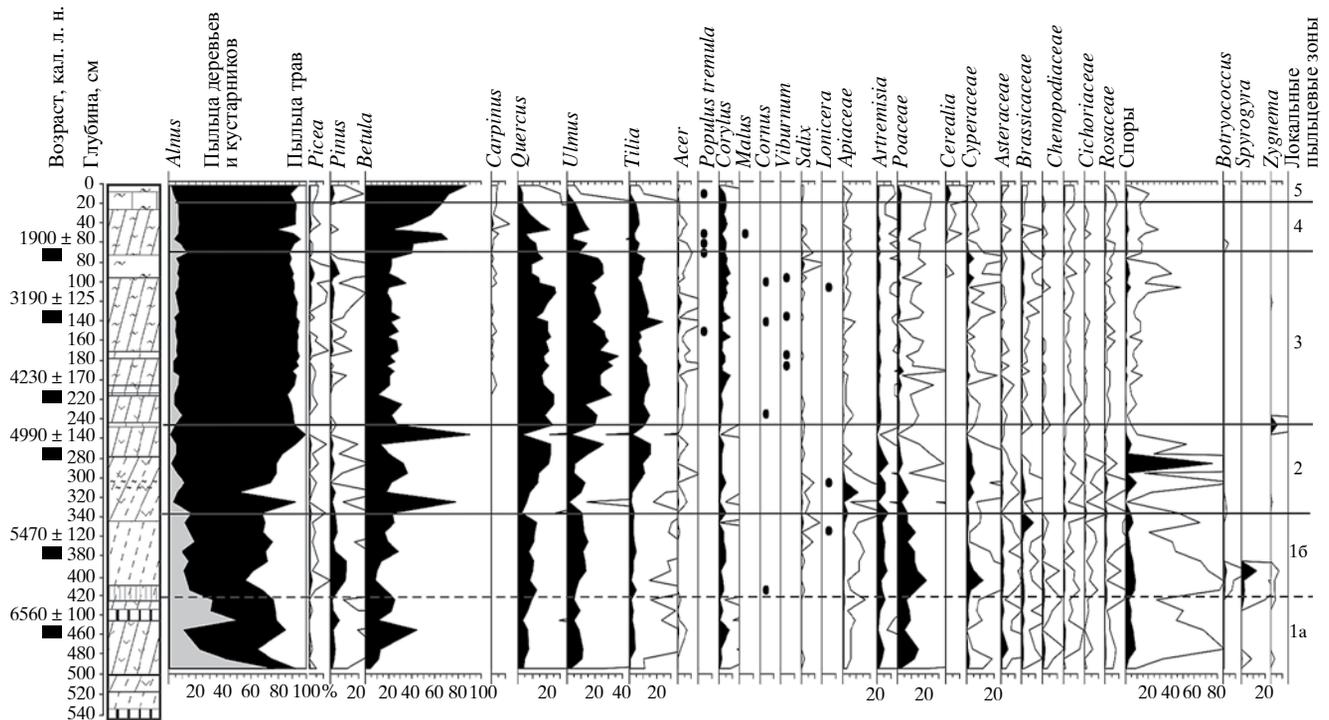


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Источек.

Пыльца древесных пород и наиболее представительных травянистых растений. (AP + NAP = 100%; дополнительные кривые показывают содержание базового таксона в 10 раз).

Lamiaceae. Кроме того, определена пыльца *Centaurea*, *Thalictrum*, в небольшом количестве присутствует пыльца *Convolvulus*, *Rumex*, *Plantago*. В спектрах также отмечена пыльца водных и болотных растений *Potamogeton*, *Sparganium*, *Typha latifolia*. Содержание спор не превышает 10–12%, они принадлежат плаунам (*Lycopodium clavatum* L., *L. annotinum* L.), папоротникам сем. Polypodiaceae и сфагновым мхам. В большом количестве встречаются водоросли *Botryococcus*, *Spirogyra*, *Zygnema*.

Пыльцевая зона 1 разделена на 2 подзоны. Подзона 1a (495–420 см) характеризуется высоким содержанием пыльцы ольхи (до 50%) и березы. Подзона 1б (420–340 см) выделена по увеличению содержания и концентрации пыльцы трав (преимущественно Poaceae и Cyperaceae), среди древесных растений возрастает доля пыльцы сосны (до 10–12%).

В спектрах зоны 2 (340–240 см) в нижней части зоны доля пыльцы трав остается достаточной высокой (до 40%) и отличается высоким разнообразием таксонов. По направлению к верхней границе зоны, доля пыльцы травянистых растений постепенно понижается, концентрация основных травянистых таксонов также значительно понижается. Среди пыльцы деревьев и кустарников

представлены береза, широколиственные породы (дуб, липа и вяз, от 25 до 40%), в небольшом количестве присутствует пыльца орешника (7–8%) и клена (3–4%), сосны и ели (единично).

Отмечены резкие колебания содержания компонентов группы пыльцы древесных. На глубинах 325 см и 260 см отмечены резкие пики содержания пыльцы березы (до 80–85%). Состав и соотношение компонентов в группе спор близки к предыдущей зоне, за исключением образца на глубине 340 см, в котором зафиксировано резкое увеличение спор папоротников Polypodiaceae (до 80% по отношению к сумме AP + NAP). В группе пыльцы водных и болотных растений заметно участие пыльцы *Potamogeton* (2–3%) и *Menyanthes trifoliata* (до 7%).

Зона 3 (240–70 см) характеризуется высокой долей пыльцы древесных растений (до 90%) и значительным увеличением участия пыльцы дуба, вяза и липы (до 30%) в спектрах и возрастанием их концентрации в отложениях торфяной залежи. Увеличивается содержание пыльцы клена, и на глубине 140–70 см возрастает содержание пыльцы сосны и ели, отмечена пыльца *Populus tremula* и *Carpinus*. Кустарники представлены пыльцой *Corylus*, *Cornus*, *Viburnum*, *Salix*.

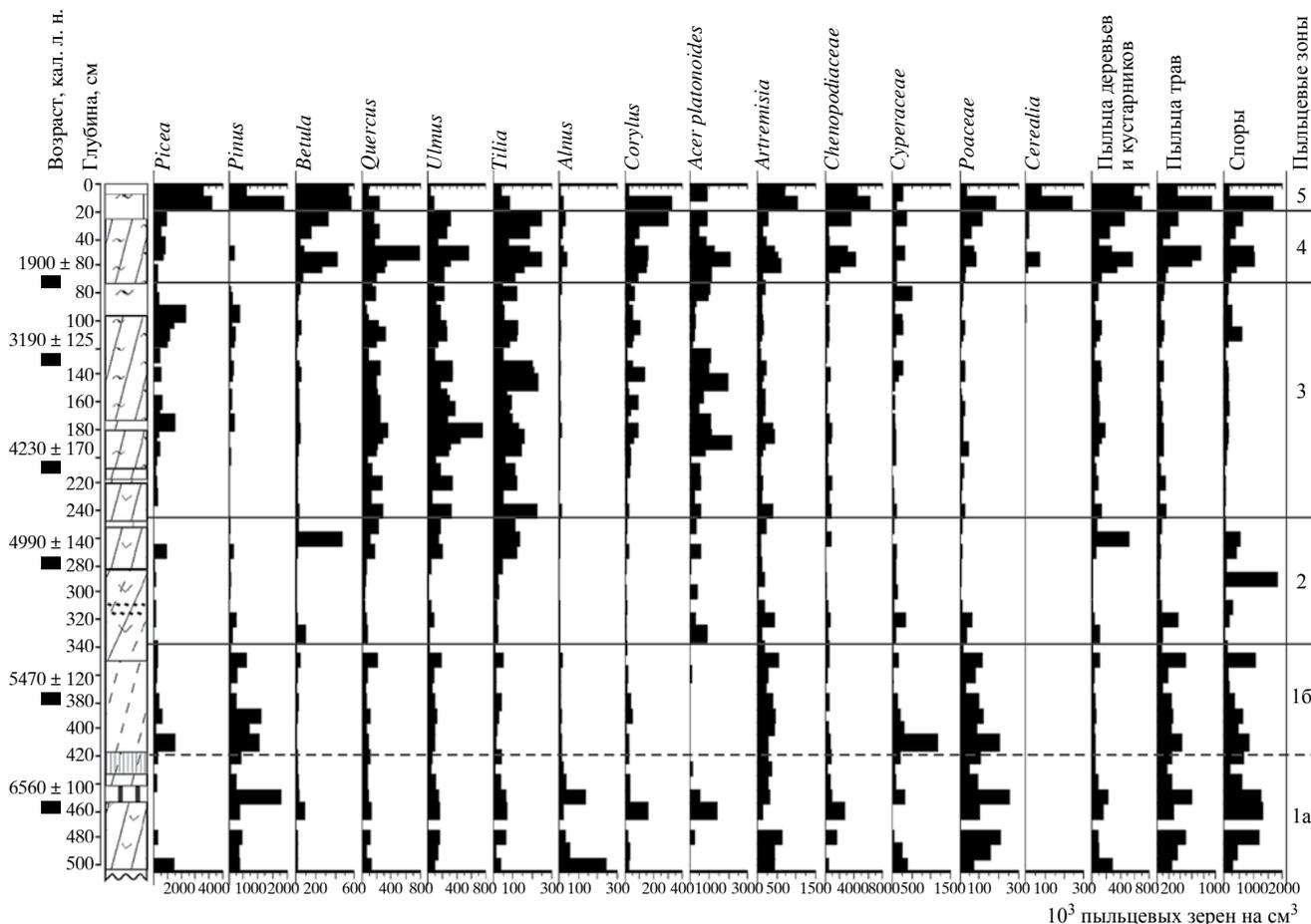


Рис. 6. Диаграмма концентрации пыльцы основных таксонов в разрезе Источек.

Несмотря на уменьшение доли пыльцы, видовой состав группы трав не изменился. В небольшом количестве зафиксирована пыльца видов остепненных лугов и нарушенных грунтов: *Linaceae*, *Onagraceae*, *Convolvulus*, *Rumex*, *Plantago* и сегетального сорняка *Centaurea cyanus*, а также видов влажных лугов *Euphorbia* и *Valeriana*. Снижается количество пыльцы гигрофитов и гидрофитов, за исключением пыльцы рода *Potamogeton*.

Зона 4 (70–20 см) Содержание пыльцы древесных снижается до 85–87%, заметно сокращается доля широколиственных пород, существенно увеличивается роль березы. В группе травянистых растений увеличивается доля *Artemisia*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*. По-прежнему в спектрах присутствует пыльца антропогенных индикаторов, таких как *Centaurea cyanus*, *Plantago* и *Rumex*, но появляется пыльца культурных злаков (*Cerealia*).

Зона 5 (20–0 см). В спорово-пыльцевых спектрах наблюдается заметное снижение доли пыльцы древесных, резкое снижение процентного содержания

и концентрации пыльцы *Quercus* и практически полное исчезновение пыльцы *Ulmus* и *Tilia*. Содержание пыльцы и концентрация *Betula sect. Betula*, *Pinus* и *Picea* возрастает. В группе трав и кустарничков увеличивается доля полыни, злаков, маревых, а также осок и вересковых. Концентрация пыльцы культурных злаков максимальна по отношению к спектрам всего разреза, группа растений нарушенных грунтов представлена большим числом пыльцевых таксонов.

Карпологический анализ. В изученном разрезе выделено 5 локальных карпологических комплексов на основании изменений систематического состава и количественных соотношений карпоидов в изученных образцах (рис. 6).

Комплекс 1 (глубина 465–370 см) отличается наиболее разнообразным систематическим и экологическим составом карпоидов. Древесные породы представлены орешками ольхи черной (*Alnus glutinosa*), а также единичными орешками и плодовыми чешуями березы (*Betula sect. Betula*).

Определены остатки кустарниковой вишни (*Prunus fruticosa* Pall.). Среди остатков лесных травянистых растений определены эндокарпы костяники (*Rubus saxatilis* L.).

Характерной особенностью **комплекса 1** является значительное содержание плодов и семян водных (*Nuphar lutea* (L.) Sm., *Potamogeton natans* L., *P. obtusifolius* Mert. & W.D.J.Koch) и прибрежно-водных растений (*Alisma plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Typha latifolia*, *Sparganium* sp.). Кроме того, заметную роль в комплексе играют плоды разных видов осок (*Carex* sp. div.). Растения переувлажненных субстратов представлены немногочисленными остатками (*Lycopus europaeus* L., *Rorippa palustris* (L.) Besser, *Comarum palustre* (L.) Scop., *Ranunculus repens* L., *R. sceleratus* L.). Кроме того, определены немногочисленные орешки крапивы (*Urtica dioica* L.), а также плоды растений, обитающих на нарушенных субстратах (*Potentilla supina* L., *Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre и *Chenopodium* sp.).

Комплекс 2 (370–340 см) характеризуется резким снижением количества и разнообразия карпидов. Практически исчезают остатки водных растений. Древесные породы представлены немногочисленными остатками березы (*Betula* sect. *Betula*). Определен фрагмент плода липы (*Tilia cordata*). Из остатков кустарников отмечены единичные эндокарпы малины (*Rubus idaeus* L.) и степной вишни (*Prunus fruticosa*). Основную роль в **комплексе 2** играют плоды и семена растений болот и других переувлажненных местообитаний.

Комплекс 3 (340–310 см) отличается резким преобладанием остатков березы в изученных образцах, их содержание превышает 100 экз. в 100 см³ торфа. Кустарники представлены единичными эндокарпами малины (*Rubus idaeus*) и степной вишни (*Prunus fruticosa*). Увеличивается содержание орешков осок.

Комплекс 4 (310–100 см) характеризуется сравнительно невысоким содержанием карпологических остатков в изученных образцах. Древесные породы представлены немногочисленными остатками березы. На глубине 250–240 см определены семена клена (*Acer platanoides*). На протяжении практически всего интервала отмечаются семена *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustris* и орешки осок. На глубине 235–215 см определены многочисленные орешки зюзника (*Lycopus europaeus*).

В **комплексе 5** (10–100 см) содержание и разнообразие карпидов вновь возрастает. Отмечены многочисленные орешки и плодовые чешуи березы, а также орешки ольхи (*Alnus glutinosa*). Широколиственные породы представлены фрагментами

плодов липы (*Tilia cordata*) и семенами клена (*Acer platanoides*). Среди остатков растений болот возрастает количество семян *Menyanthes trifoliata* и плодов осок.

Обсуждение результатов. Согласно данным радиоуглеродного датирования накопление отложений болота Источек началось в атлантическом периоде голоцена, около 6500 календарных лет назад (кал. л.н.). Карпологические данные и ботанический анализ торфа указывают на то, что на начальной стадии развития болота карстовое понижение было сильно обводнено. В спорово-пыльцевых спектрах обильны водоросли *Botryococcus*, *Spirogyra*, *Zygnema*. В локальной растительности болота на начальных стадиях его развития значительную роль играли сообщества водных и прибрежных растений, приуроченные к открытым мелководным участкам. В составе водных растительных сообществ преобладали растения с плавающими на поверхности листьями: кубышка желтая и разные виды рдестов. На небольших глубинах и по берегам произрастали такие гидрофиты, как стрелолист и частуха. В состав болотной растительности входили различные виды осок, а также сабельник и жерушник болотный. На избыточно увлажненных участках в окрестностях болота произрастали различные виды лютиков и зюзник европейский.

Последующее снижение количества и разнообразия остатков водных и прибрежных растений (**комплекс 2**) может указывать на сокращение площади (заболачивание) водоема на данном участке торфяника. В этот период начал формироваться гипновый и травяно-гипновый торф. Вместе с тем, постоянное присутствие небольшого количества пыльцы водных растений в спектрах свидетельствует о сохранении открытых водных участков на болоте.

Реконструкция изменений растительности по палеоботаническим данным свидетельствует о том, что в период 6500–5200 кал. л.н. (пыльцевая зона 1, см. рис. 4) растительный покров изучаемой территории был неоднородным. В спорово-пыльцевых спектрах обильна пыльца древесных растений (от 40 до 60%), однако большая часть ее принадлежит пыльце ольхи и березы – компонентам локальной растительности болота. Результаты карпологического и ботанического анализов торфа показали присутствие орешков и плодовых чешуй *Alnus glutinosa* и *Betula* sect. *Betula*, фрагментов древесины и коры. В группе пыльцы трав значительное участие принимает пыльца злаков (до 20%), широко представлено разнотравье. Так как пыльцу злаков практически невозможно определить до вида и даже рода, то по палинологическим

данным нельзя судить, принадлежит ли пыльца злаков видам луговых или болотных местообитаний, например, широко распространенному на низинных болотах тростнику (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Однако данные ботанического анализа торфа свидетельствуют, что нижняя часть торфяной залежи представлена травяным и гипновым низинными торфами, доля остатков злаков в которых незначительна (не более 5%). Следовательно, пыльца Роасае принадлежит скорее луговым видам и отражает распространение травянистых сообществ в окрестностях болота. Важно отметить находки эндокарпов степной вишни (*Prunus fruticosa*) в нижней части разреза. В настоящее время этот кустарник приурочен, преимущественно, к степной и лесостепной зонам. Вместе с этим определены остатки костяники, лесного вида, который встречается на опушках, вырубках, в зарослях кустарников, а также плоды растений, обитающих на нарушенных субстратах (*Potentilla supina*, *Persicaria lapathifolia* и *Chenopodium* sp.). Согласно полученным данным, растительный покров территории, прилегающей к болоту, состоял из сообществ различных местообитаний и, возможно, был подобен современной северной лесостепи. В настоящее время граничащая с зоной широколиственных лесов с юга северная лесостепь представляет собой мозаичный экотон, в котором пространства лугов и луговых степей чередуется с массивами леса. Травянистая растительность представлена разнотравными (луговыми) сообществами, преобладающая роль среди растений в которых принадлежит мезофильному разнотравью [13].

Сопоставление полученных данных с результатами палинологических исследований центра Восточно-Европейской равнины показало, что реконструированная растительность соответствует положению региона в полосе экотона между лесной и степной областями, что согласуется с данными других исследователей [5, 15, 17]. Так, по результатам изучения болот в современной лесостепной зоне [10], в среднем голоцене в юго-восточной части Среднерусской возвышенности (в районе Куликова поля) водораздельные пространства были заняты травяными сообществами (луговыми степями). На западе возвышенности, в 100 км к юго-западу от изучаемого разреза, в это время получили распространение широколиственные леса [11]. В то же время существовали небольшие сосняки, локализованные в основном на почвах легкого механического состава [5, 12]. Согласно рассмотренным палинологическим данным, граница лесной области проходила вблизи

изучаемого разреза и находилась на 50–70 км севернее ее современного положения.

В период 5200–4500 кал. л.н. (пыльцевая зона 2) площади лесных сообществ из дуба, вяза и липы на изучаемой территории значительно увеличились, что, возможно, связано с похолоданием и увлажнением климата в начале суббореального периода голоцена. Резкие, кратковременные пики обилия пыльцы березы, зафиксированные в спорово-пыльцевых спектрах на фоне падения участия и концентрации пыльцы широколиственных пород (на глубинах 340 и 260 см), отражают локальные изменения растительности, вызванные, возможно, нарушениями растительного покрова вследствие пожара или ветровала. Сохранность многочисленных макроостатков березы в этих интервалах не позволяет уверенно определить их с точностью до вида. Они могут принадлежать как виду *Betula pubescens* Ehrh., который растет на заболоченных участках, так и виду *B. pendula* Roth., предпочитающему более сухие местообитания.

Как показывают полученные палеоботанические данные, в последующую фазу (4500–2000 кал. л.н.) похолодание и увлажнение климата продолжали нарастать, что привело к увеличению площади лесов в области экотона леса и степи и продвижению границы леса к югу [10]. По данным ботанического и карпологического анализов, в составе болотных сообществ изученного торфяника преобладали вначале зеленые и гипновые, а затем — сфагновые мхи, а также участвовали различные виды осок, вахта, сабельник. Согласно результатам проведенных исследований, в окрестностях торфяника Источек были распространены широколиственные леса. Спорово-пыльцевые спектры болота Источек отражают преобладание вяза, дуба и липы, а также присутствие клена и осины в составе лесной растительности. Помимо карпологических остатков ольхи и березы, произраставших на болоте, в отложениях определены плоды липы и семена клена. По-прежнему присутствуют остатки степной вишни (*Prunus fruticosa*), вероятно, произраставшей по опушкам широколиственных лесов. Начиная примерно с 4200 кал. л.н. в сообществах появляется граб. Постепенно на Среднерусской возвышенности начинает распространяться ель [11], что также отражено в спорово-пыльцевых спектрах торфяных отложений разреза Источек.

Резкие и драматические изменения растительности изучаемой территории произошли около 2000 кал. л.н. (пыльцевая зона 4, см. рис. 4), что очевидно связано с уничтожением лесов при освоении этой территории человеком. Палинологические данные по разрезу Источек отражают

распространение вторичных березняков и резкое сокращение массивов широколиственных лесов. В спектрах отмечена пыльца культурных злаков и сорных растений. Ослабление антропогенного пресса в изученном районе около 700–300 кал. л.н. привело к восстановлению коренной растительности: в пыльцевых спектрах возросло участие дуба и вяза. В составе болотной растительности преобладали различные виды сфагновых мхов. Также существенную роль играли осоки и вахта. В составе локальных сообществ сохранялись такие древесные породы, как черная ольха и береза (*Betula pubescens*).

Последние 300 лет (пыльцевая зона 5) стали критическими в развитии природной среды. Естественную растительность постепенно сменили агроландшафты и вторичные леса, широколиственные леса сохранились на небольших участках. Для спорово-пыльцевых спектров болота Источек характерно максимальное содержание пыльцы культурных злаков, василька синего (*Centaurea cyanus*) и растений нарушенных местообитаний, а также почти полное исчезновение пыльцы широколиственных пород деревьев (см. рис. 4). Наличие обширных территорий, занятых нарушенными растительными сообществами, подтверждают находки большого количества пыльцы рудеральных видов: *Rumex*, *Polygonum aviculare*, *Onagraceae*. Как показало сопоставление полученных данных с результатами палинологических исследований региона, резкие и необратимые изменения растительности в результате антропогенного воздействия проявлялись на всей территории экотона леса и степи Восточно-Европейской равнины [5, 10, 11, 12, 15, 17].

Заключение. Комплексное изучение разреза болота Источек позволило установить изменения растительности северной части Среднерусской возвышенности в среднем и позднем голоцене, начиная с 6500 кал. л.н. Полученные данные показали, что в период 6500–4500 кал. л.н. изучаемая территория находилась в полосе экотона между лесной и степной зонами Восточно-Европейской равнины. Согласно рассмотренным палеоботаническим данным, граница лесной области проходила вблизи изучаемого разреза и находилась на 50–70 км севернее ее современного положения. Около 4500 кал. л.н. похолодание и увлажнение климата привело к увеличению площади лесов в регионе и продвижению границы леса к югу.

Резкие и драматические изменения растительности изучаемой территории произошли примерно 2000 кал. л.н., что очевидно связано с трансформацией растительного покрова при активном

освоении этой территории человеком. Однако критическими в развитии природной среды стали последние 300 лет, когда естественную растительность постепенно сменили агроландшафты и вторичные леса, широколиственные леса сохранились лишь на небольших участках.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-17-10045. Спорово-пыльцевой анализ выполнен К.В. Дюжовой при поддержке проекта РФФИ № 15-34-50578.

Acknowledgments. This study was supported by the Russian Science Foundation, project no. 16-17-10045. Pollen analysis was fulfilled by K.V. Dyuzhova with support by the Russian Foundation for Basic Research.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая карта четвертичных отложений Тульской области. Масштаб 1 : 500000 / Ред. С.М. Шик, О.Н. Лаврович, З.К. Барашкова, Е.А. Шулешкина. МПР РФ, 1998.
2. Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Т. 8. С. 53–58.
3. Кац Н.Я., Кац С.В., Купиани М.Г. Атлас и определитель плодов и семян, встречающихся в четвертичных отложениях СССР. М.: Наука, 1965. 365 с.
4. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
5. Климанов В.А., Серебрянная Т.А. Изменения растительности и климата на Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1986. Т. 2. С. 93–101.
6. Климат России. Научно-прикладной справочник // meteo.ru [сайт] / ВНИИГМИ-МЦД. Москва, 2012. URL: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimat-rossii> (Дата обращения 15.05.2016).
7. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., Бессуднов А.Н., Смольянинов Р.Б. Природные катастрофы в голоцене бассейна Верхнего Дона. М.: ГЕОС, 2009. 63 с.
8. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 319 с.
9. Никитин В.П. Палеокарпологический метод. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1969. 89 с.
10. Новенко Е.Ю., Гласко М.П., Волкова Е.М., Зюганова И.С. Динамика ландшафтов и климата бассейна Верхнего Дона в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. Т. 2. С. 68–82.

11. Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Мазей Ю.А. Динамика ландшафтов и климата на северо-западе Среднерусской возвышенности в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 6. С. 24–31.
12. Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Руденко О.В., Волкова Е.М., Цыганов А.Н., Бабешко К.В., Мазей Ю.А. Реконструкция растительности и климата западной части Среднерусской возвышенности в доагрикультурный период (по данным палеоботанических исследований торфяника у с. Селихово, Орловская область) // Изв. Русского географического общества. 2016. Т. 148. № 1. С. 30–40.
13. Петров К.М., Терехина Н.В. Растительность России и сопредельных стран. СПб.: Химиздат, 2013. 328 с.
14. Свергун И.П. Геоморфологические районы Тульской области // Ученые записки (Моск. обл. пед. ин-т). Т. 153. Естеств.-геогр. фак. М., 1964. С. 100–128.
15. Серебрянная Т.А. Взаимоотношения леса и степи на Среднерусской возвышенности в голоцене / Ред. Л.Г. Динесман. История биоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 59–166.
16. Серебрянная Т.А., Ильвес Э.О. Палинологические материалы по голоценовым отложениям района Верхней Оки // Бюл. комиссии по изучению четвертичного периода. 1974. № 42. С. 159–165.
17. Спиридонова Е.А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене-голоцене. М.: Наука, 1991. 221 с.
18. Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1959. 227 с.
19. Фоломеев Б.А., Александровский А.А., Мошинский А.П., Гоняный М.И., Гласко М.П. Древние поселения и природная среда приустьевой части Непрядвы // Куликово поле. Материалы исследования / Ред. А.К. Зайцев. М.: Государственный исторический музей, 1990. С. 10–53.
20. Хотинский Н.А., Фоломеев Б.А., Гуман М.А. Археолого-палеогеографические исследования на Средней Оке // Сов. археология. 1979. № 3. С. 6–81.
21. Vlaaiuw M. Methods and code for “classical” age-modelling of radiocarbon sequences // Quaternary Geochronology. 2010. № 5 (5). P. 512–518.
22. Hintze C., Heydel F., Hoppe C., Cunze S., König A., and Tackenberg O. D³: The Dispersal and Diaspore Database – Baseline data and statistics on seed dispersal / *Perspect* // Plant Ecol. Evol. Syst. 2013. № 15. P. 180–192. www.seed-dispersal.info (Accessed 15.05.2016).
23. Grimm E.C. Tilia and Tilia Graph: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, working group on data-handling methods // Newsletter. 1990. № 4. P. 5–7.
24. Mauquoy D. and Van Geel B. Mire and Peat Macro Plant macrofossil methods and studies. Amsterdam: Elsevier, 2007. P. 2135–2336.
25. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., and Van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years Cal BP // Radiocarbon. 2013. № 55. P. 1869–1887.

REFERENCES

1. *Geologicheskaja karta chetvertichnykh otlozhenij Tul'skoj oblasti*. [Geological Map of the Quaternary Deposits in Tula oblast. 1 : 500000 scale]. Shik S.M., Lavrovich O.N., Barashkova Z.K., Shuleshkina E.A., Eds. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation Publ., 1998.
2. Grichuk V.P. Method of treatment of the sediments poor in organic remains for the pollen analysis. *Problems Fiz. Geogr.*, vol. 8, pp. 53–58. (In Russ.).
3. Katz N. Ya., Katz S.V., Kipiani M.G. *Atlas i opredelitel' plodov i semjan, vstrechajushhihsja v chetvertichnykh otlozhenijah SSSR* [Atlas and Key to Identification of Fossil Fruits and Seeds Occurring in the Quaternary Deposits of the USSR]. Moscow: Nauka Publ., 1965.
4. Katz N. Ya., Katz S.V., Skobejeva E.I. *Atlas rastitel'nykh ostatkov v torfah* [Atlas of plant remains in peat]. Moscow: Nedra Publ., 1977.
5. Klimanov V.A., Serebryannaya T.A. The change of vegetation and climate of the Mid-Russian Upland in the Holocene. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geogr.*, 1986, no. 2, pp. 93–101. (In Russ.).
6. Klimat Rossii. Nauchno-prikladnoj spravocnik // meteo.ru [site] 2012. Available at: <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat/197-nauchno-prikladnoj-spravocnik-klimat-rossii> (last accessed 15.05.2016).
7. Lavrushin Y.A., Spiridonova E.A., Bessudnov A.N., Smol'yaninov P.B. *Prirodnye katastrofy v golotsene bassejna Verkhnego Dona* [Holocene Natural Catastrophes in the Upper Don River Basin]. Moscow: GEOS Publ., 2009.
8. Lishtvan I.I., Korol N.T. *Osnovnye svojstva torfa i metody ih opredelenija* [The main properties of peat and methods of its determination]. Minsk: Nauka i Teckhnika Publ., 1975.
9. Nikitin V.P. *Paleokarpologicheskij metod* [Paleocarpological Method]. Tomsk: Tomsk. State Univ., 1969. 89 с.
10. Novenko E. Yu., Glasko M.P., Volkova Ye.M., Zuganova I.S. Landscape and Climate Dynamics of the Upper Don River Basin in the Mid- and Late Holocene. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.* 2013, no. 2, pp. 68–82. (In Russ.).
11. Novenko E. Yu., Tsyganov A.N., Volkova E.M., Babenko K.V., Mazei Yu.A. Landscape and climate dynamics of the north-western Srednerusskaya Upland during the Holocene. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.* 2014, no. 6, pp. 24–31. (In Russ.).

12. Novenko E. Yu., Zyuganova I.S., Rudenko O.V., Tsyganov A.N., Volkova E.M., Babeshko K.V., Mazei Yu.A. Reconstructions of vegetation and climate on the Western part of Mid-Russian Upland in the pre-agrarian period. *Izv. RGO*. 2016, vol. 148, no. 1, pp. 30–40 (In Russ.).
13. Petrov K.M., Terehina N.V. *Rastitel'nost' Rossii i sosedel'nyh stran* [Vegetation of Russia and Adjacent States]. St.-Petersburg: Himizdat Publ., 2013. 328 p.
14. Svergun I.P. Geomorphological areas of the Tula district. *Nauch. Zap. Mosk. obl. State Univer. scientific notes*. 1964, vol. 153, pp. 100–128. (In Russ.).
15. Serebryannaya T.A. *Vzaimootnosheniya lesa i stepi na Srednerusskoj vozvyshehnosti v golocene* [Interrelations between Forest and Steppe on Central Russian Upland in Holocene]. In: *Istorija biocenozov SSSR v golocene* [The History of Biocenoses of USSR in Holocene]. Dinesman L.G., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1976, pp. 159–166 (In Russ.).
16. Serebryannaya T.-A., Il'ves E.O. Palynological materials in Holocene deposits of the Upper Oka region. *Bull Com po Izucheniyu Chetvertichnogo Perioda*. 1974, no. 42, pp. 159–165. (In Russ.).
17. Spiridonova E.A. *Evoljucija rastitel'nogo pokrova bassejna Dona v verhnem plejstocene-golocene* [Evolution of Vegetation Cover of Don Basin in Upper Pleistocene and Holocene]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 211 p.
18. Tyuremnov S.N. (ed.) *Atlas rastitel'nyh ostatkov, vstrechaemyh v torfe* [Atlas of the plant remains in peat]. Moscow-Leningrad: Gosjenergoizdat Publ., 1959. 227 p.
19. Folomeev B.A., Aleksandrovsky A.L., Glasko M.P., Gonyanyi M.I., Guman M.A. [Ancient Settlements and Environment in the Mouth Part of the Nepryavda River] In *Kulikovo pole* [Kulikovo battlefield]. Zaitzev A.K., Ed. Moscow: Gos. Ist. Museum Publ., 1990, pp. 10–53. (In Russ.).
20. Khotinsky A.L., Folomeev B.A., Guman M.A. Archaeologo-palaeogeographical researches in the Middle Oka basin. *Soviet Archaeology*, 1979, no. 3, pp. 6–81. (In Russ.).
21. Blaauw M. Methods and code for “classical” age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*. 2010, no. 5 (5), pp. 512–518.
22. Hintze C., Heydel F., Hoppe C., Cunze S., König A. & Tackenberg O. (2013). D³: The Dispersal and Diaspore Database – Baseline data and statistics on seed dispersal. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, 2013 no. 15, pp. 180–192. (Available at: www.seed-dispersal.info accessed 15.05.2016).
23. Grimm E.C. Tilia and Tilia Graph PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, working group on data-handling methods. *Newsletter*. 1990, no. 4, pp. 5–7.
24. Mauquoy D., Van Geel B. Mire and Peat Macros. In *Plant microfossil methods and studies*. Elsevier B.V., 2007, pp. 2135–2336.
25. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., et al. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50.000 Years cal BP. *Radiocarbon* 2013 vol. 55, no. 4, pp. 1869–1887.