

ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ГОЛОЦЕНЕ¹

© 2016 г. Е.Ю. Новенко^{*,***}, А.Н. Цыганов^{***}, Е.М. Волкова^{****},
К.В. Бабешко^{***}, Н.В. Лаврентьев^{**}, Ю.А. Мазей^{*,***}

^{*}Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Россия

^{**}Институт географии РАН, Москва, Россия

^{***}Пензенский государственный университет, Россия

^{****}Тульский государственный университет, Россия

e-mail: lenanov@mail.ru; andrey.tsyganov@bk.ru; yurimazei@mail.ru; convallaria@mail.ru

Поступила в редакцию 19.02.2013 г.

В статье представлены результаты спорово-пыльцевого, ризоподного анализа, изучения ботанического состава торфа и радиоуглеродного датирования торфяной залежи болота “Клюква” (Белевский район, Тульская обл.), реконструкции изменений растительности и климата в голоцене. Полученные данные показали, что распространение широколиственных лесов из дуба, липы и вяза на северо-западе Среднерусской возвышенности началось около 7800 кал. л. н. и вплоть до последних нескольких столетий широколиственные леса были доминирующим компонентом растительного покрова. Коренные изменения растительности произошли только в историческое время в результате хозяйственной деятельности человека. Климатические условия в период 9500–7500 кал. л. н. были более прохладные, чем в настоящее время, а в интервале 7500–5200 кал. л. н. были более теплыми и более сухими. Общее похолодание климата во вторую половину голоцена включало климатические колебания второго порядка: серию похолоданий (5000–4000, 3600–3200, 2500–2000, 1400–800 кал. л. н.) и потеплений (4000–3600, 2000–1400 кал. л. н. и около 1000–700 кал. л. н.).

Ключевые слова: голоцен, спорово-пыльцевой анализ, ботанический анализ торфа, раковинные амебы, реконструкция растительности и климата, Среднерусская возвышенность.

Введение. Проблемам состояния ландшафтных систем и климата в голоцене, взаимодействию человека и окружающей среды посвящен ряд работ [10, 16, 19]. В меньшей степени затрагивались аспекты реконструкции растительности в региональном и локальном масштабах, что представляется весьма важным для оценки тенденций естественных вариаций окружающей среды в условиях прогнозируемых климатических изменений [24, 13]. В представленной работе приведены материалы по сравнительному анализу динамики растительности и климата северо-запада Среднерусской возвышенности в голоцене, реконструированному по изменениям палеорастительности и водно-минерального питания локальной болот-

ной экосистемы на основе данных спорово-пыльцевого и ризоподного анализов, а также исследования ботанического состава и свойств торфяной залежи. Применение нескольких независимых методов позволяет оценить взаимосвязи между изменениями температуры и водного баланса болота, а также определить роль локальных факторов, таких как рельеф в развитии экосистемы. Подобные работы для территории Арктики [31] и Канады [23] демонстрируют эффективность такого комплексного подхода к изучению болот. Однако до настоящего времени полностью отсутствуют палеореконструкции, основанные на комбинации методов с использованием ризоподного анализа [5, 6, 36] для Европейской части России.

Другая не менее актуальная проблема, рассмотренная в представленной публикации, – роль антропогенного фактора в формировании растительности в голоцене. Центр Европейской части России имеет настолько долгую историю хозяй-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00550, 15-04-03170, 14-04-31472), Министерства образования и науки (проект № 1315). Ризоподный анализ выполнен при поддержке РНФ (проект № 14-14-00891).

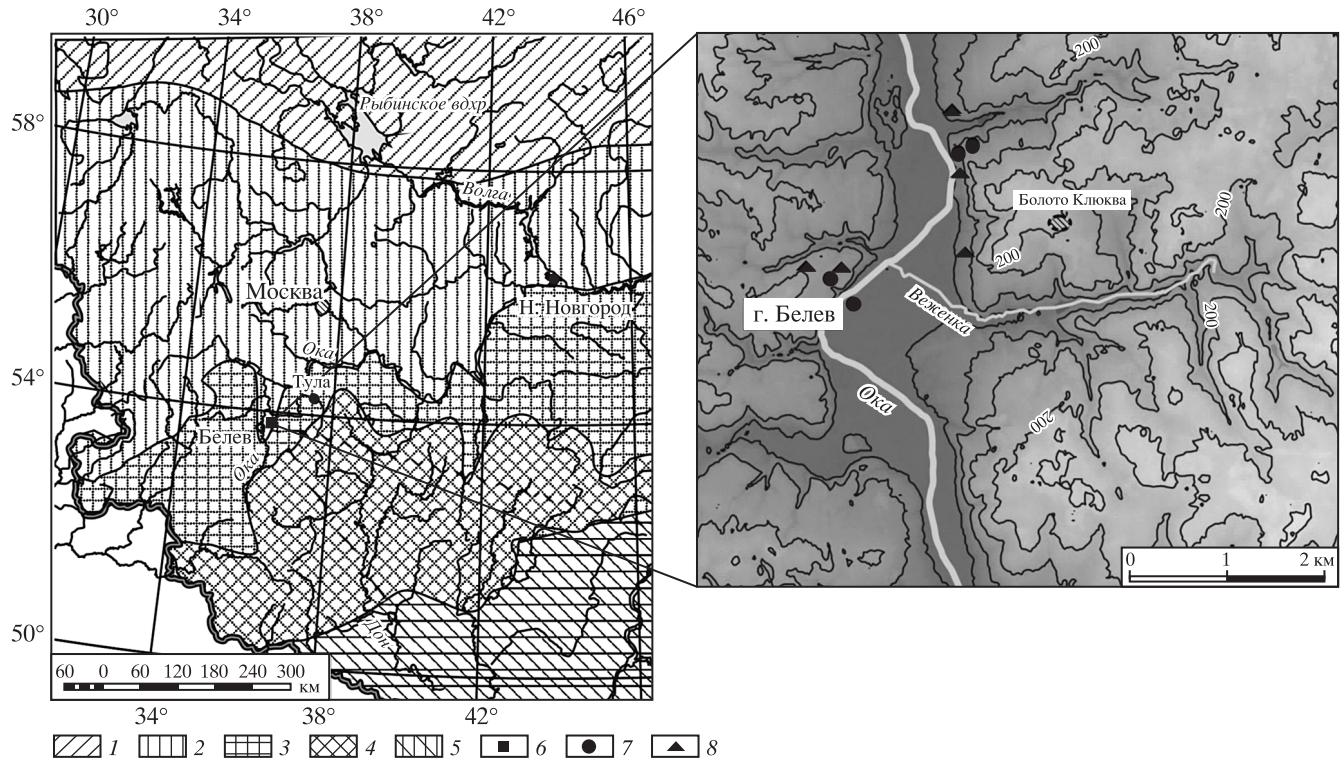


Рис. 1. Географическое положение района исследований.

Природные зоны: 1 – южная тайга, 2 – хвойно-широколиственные леса, 3 – широколиственные леса, 4 – лесостепь, 5 – степь, 6 – положение района исследований. Археологические памятники: 7 – эпохи неолита – ранней бронзы, 8 – раннего железного века.

Сечение горизонталей на карте справа – 20 м.

ственного освоения [11, 17, 30], что естественные ландшафты претерпели существенные изменения и порой даже невозможно представить их доагрикультурный облик. В этой связи палеогеографические реконструкции, выполненные на локальном и региональном уровне для территории северо-запада Среднерусской возвышенности, приобретают большое значение для сохранения и восстановления естественной растительности региона.

Район исследования. Материалы и методы. Объект изучения – болото “Клюква” (Белевский р-н, Тульская обл.) – уникальный элемент ландшафта и единственное грядово-мочажинное болото в регионе, находящееся на южной границе распространения болот данного типа [7]. Территория верхнего течения реки Оки в пределах Тульской обл. расположена в центре Восточно-Европейской равнины на северо-западе Среднерусской возвышенности (рис. 1). Современный рельеф представляет собой пологоволнистую равнину с преобладанием абсолютных отметок 210–240 м на водоразделах, расчлененную хорошо развитой овражно-балочной сетью. Главная водная артерия, река Ока, имеет в районе исследований широкую,

хорошо разработанную асимметричную долину, свойственную большинству крупных рек Восточно-Европейской равнины. Большое влияние на современный рельеф и геоморфологические процессы оказал рельеф коренных пород и геологическое строение территории. Широкое распространение и близость к поверхности известняков нижнекаменноугольного возраста обусловили как направление течения реки и большую крутизну правого склона долины, так и активное развитие карстовых процессов. Мощность четвертичных отложений колеблется от нескольких десятков метров на водоразделах до 60 м и более в переуглублениях долины пра-Оки [3]. Повсеместно распространенная морена донского оледенения [8] на участках, прилегающих к долине Оки, перекрыта мощной толщей водно-ледниковых отложений, формирующих зандровые массивы.

Климат в районе исследования умеренно континентальный, соответствующий переходному положению территории между умеренно влажными северо-западными районами и более теплыми и сухими районами юго-восточной части Европейской России. По данным метеостанции в г. Тула среднегодовая температура +5.5 °C, сред-

Таблица. Результаты радиоуглеродного анализа образцов торфа и калиброванные даты

Лаб. № ИГ РАН	Материал	Глубина, см	Радиоуглеродный возраст, ^{14}C л. н.	Календарный возраст (1σ), кал. л. н.	Вероятность
4062	Торф	30–40	1050 ± 70	985 ± 70	0.68
4064		60–70	2400 ± 70	2420 ± 75	0.52
4063		130–140	4880 ± 70	5620 ± 40	0.51
4061		160–170	6610 ± 80	7480 ± 40	0.40
4058		220–230	6980 ± 80	7800 ± 70	0.57
4049		240–250	8140 ± 100	9135 ± 135	0.68
4069		265–270	8350 ± 100	9370 ± 100	0.67

няя температура января и июля -9.7°C и $+19^{\circ}\text{C}$ соответственно. Осадков выпадает около 600 мм в год [<http://www.meteo.ru>]. Почвы изучаемой территории – дерново-подзолистые. В растительном покрове преобладают смешанные сосново- и елово-широколиственные леса с участием естественно растущей ели, сосны, липы, дуба, клена остролистного. На песчаных почвах распространены сосновые боры [7].

Болото “Клюква” (N 53.834812, E 36.252488) находится в 5 км восточнее г. Белев (рис. 1), занимает площадь около 1 га и является олиготрофным болотом, сформированным в карстово-суффозионном понижении на склоне водораздела, обращенном к правому борту долины р. Оки. Залежь болота подстилается флювиогляциальными песками. Болото окружено участками разновозрастного широколиственного леса с примесью ели и некоторых редких для Тульской области бореальных видов (бруслики, черники, плаунов годичного и булавовидного).

Описание разреза и отбор образцов на спорово-пыльцевой и ризоподный анализы, детальный ботанический анализ торфа и радиоуглеродное датирование проводились в ходе полевых работ 2009 и 2011 гг. Интервал отбора проб для всех видов анализов – 5 см. Определение абсолютного возраста образцов проведено в Радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН (Москва). Всего получено семь радиоуглеродных дат (таблица). Калибровка радиоуглеродных дат и построение модели “возраст – глубина” (рис. 2) проводили при помощи программы “clam” [21] с использованием калибровочной кривой IntCal09 [34].

Обработка проб для анализа ботанического состава торфа, степени разложения и зольности торфа и спорово-пыльцевого анализа выполнены по стандартным методикам [9, 14, 18, 25]. Обработка данных и построение палеоботанических

диаграмм проводились с помощью программы TILIA и TILIA-Graph [26].

Образцы для ризоподного анализа подготовлены согласно модифицированной методике, основанной на фильтровании и концентрировании водных суспензий [15, 28]. Обработку данных и построение диаграмм проводили с помощью языка программирования R [33] и пакетных приложений к нему: “rioja” [29], “analogue” [35]. Выделение зон на диаграмме результатов ризоподного анализа проводили с помощью кластерного анализа [27]; количество зон определяли в соответствии с моделью разломанного стержня [20]. Относительное обилие видов было преобразовано путем извлечения квадратного корня перед

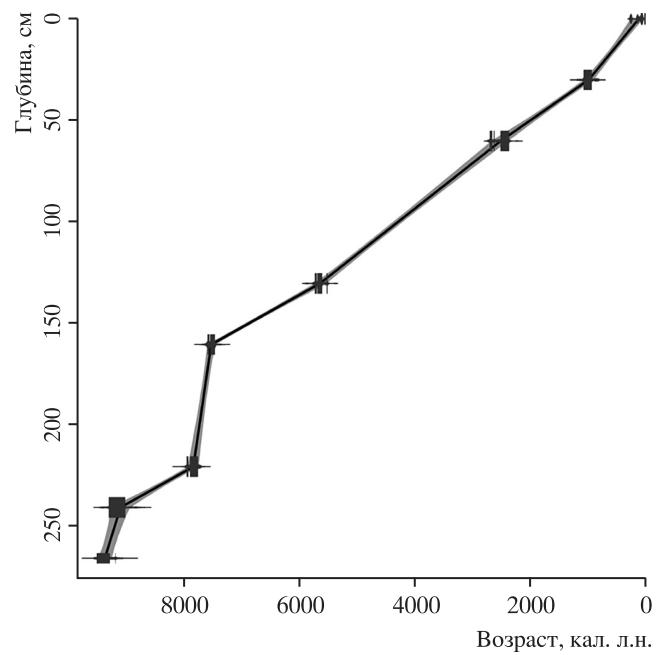


Рис. 2. Модель “возраст – глубина” для исследованной торфяной колонки. Серым цветом показан 1 сигма-интервал для калиброванных и смоделированных дат (чёрная линия).

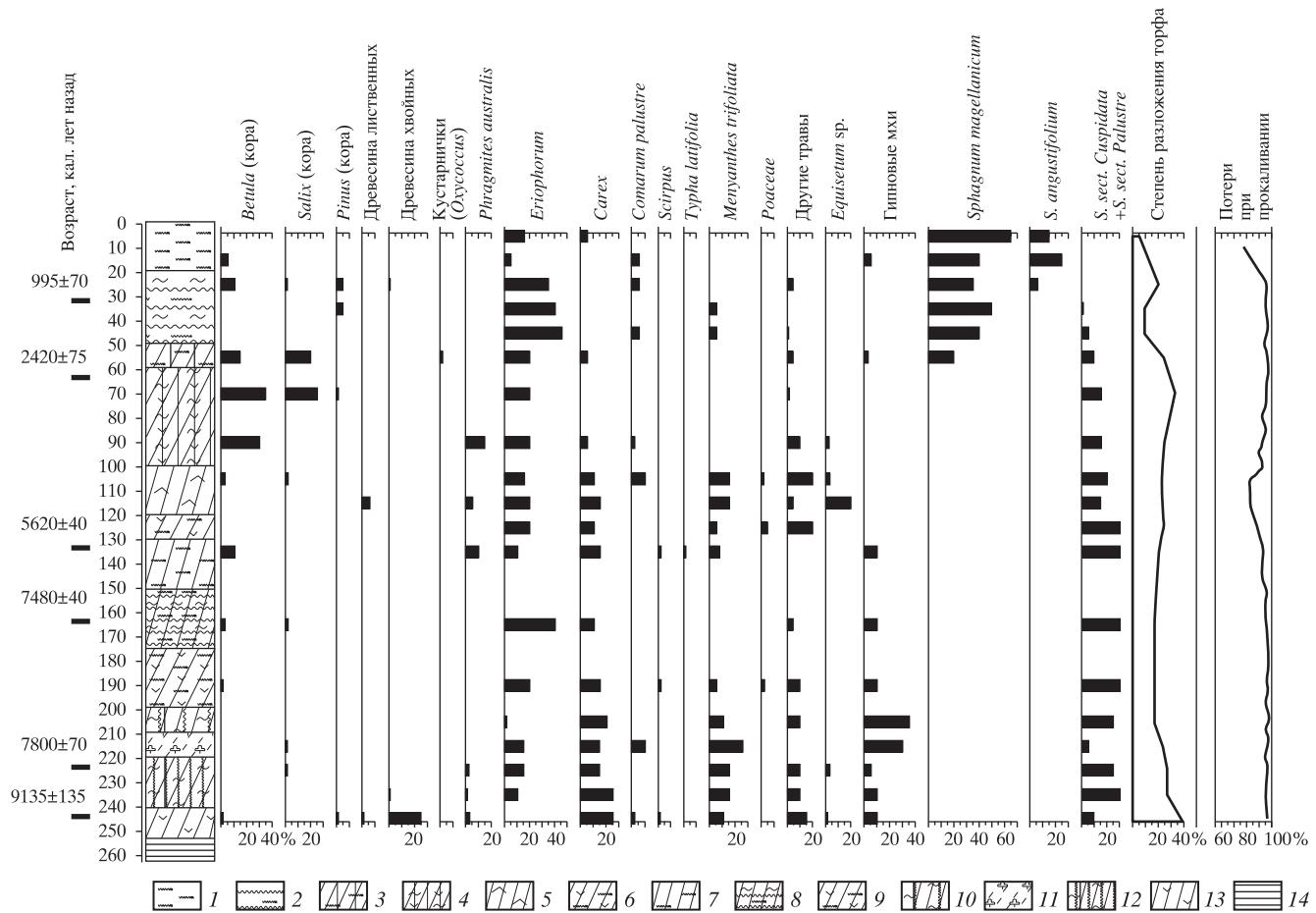


Рис. 3. Ботанический состав торфа, степень разложения и потери при прокаливании.

Типы торфа и подстилающие отложения: 1 – сфагновый верховой, 2 – пущицево-сфагновый верховой, 3 – древесно-сфагновый переходный, 4 – древесно-травяной переходный, 5 – травяной переходный, 6 – травяно-сфагновый переходный, 7 – осоково-сфагновый переходный, 8 – пущицево-сфагновый переходный, 9 – травяно-сфагновый переходный, 10 – травяно-гипновый низинный, 11 – вахтово-гипновый низинный, 12 – травяно-сфагновый низинный, 13 – травяной низинный с древесными остатками; 14 – гиттия глинистая.

анализом. Виды, обилие которых не превышало 2% как минимум в одном образце (*Scutiglypha scutigera*), не были включены в дальнейший анализ как непредставительные.

Результаты. Анализ ботанического состава торфа. Изучение структуры торфяных отложений позволяет охарактеризовать залежь как переходную и выделить три зоны: 0–50 см – верховые, 50–200 см – переходные, 200–250 см – низинные торфа. Результаты изучения торфяной залежи представлены на рис. 3.

Определение потерь при прокаливании (зольность торфа) показало, что для всей торфяной залежи характерно очень высокое содержание органического вещества (рис. 3). Потери при прокаливании составляют 97–99% за исключением интервала глубин 95–135 см, где содержание органического вещества уменьшается и достига-

ет своего минимума на глубине 112 см (84.5%). В верхних 20 см разреза величина потерь при прокаливании также снижается.

Палинологический анализ. Результаты анализа представлены на спорово-пыльцевой диаграмме разреза (рис. 4). На основании изменений в составе спектров было выделено восемь пыльцевых зон.

Ризоподный анализ. В результате анализа 53 образцов из торфяной колонки обнаружено 35 таксонов раковинных амеб (рис. 5). Наиболее обильными таксонами в исследованных образцах были *Archerella flavum* (47.7% от общего количества учтенных раковинных амеб), *Heleopera sylvatica* (12.8%), *Arcella arenaria* (5.4%). Эти виды также имели высокую встречаемость и были обнаружены как минимум в половине из исследованных образцов. На основе анализа видо-

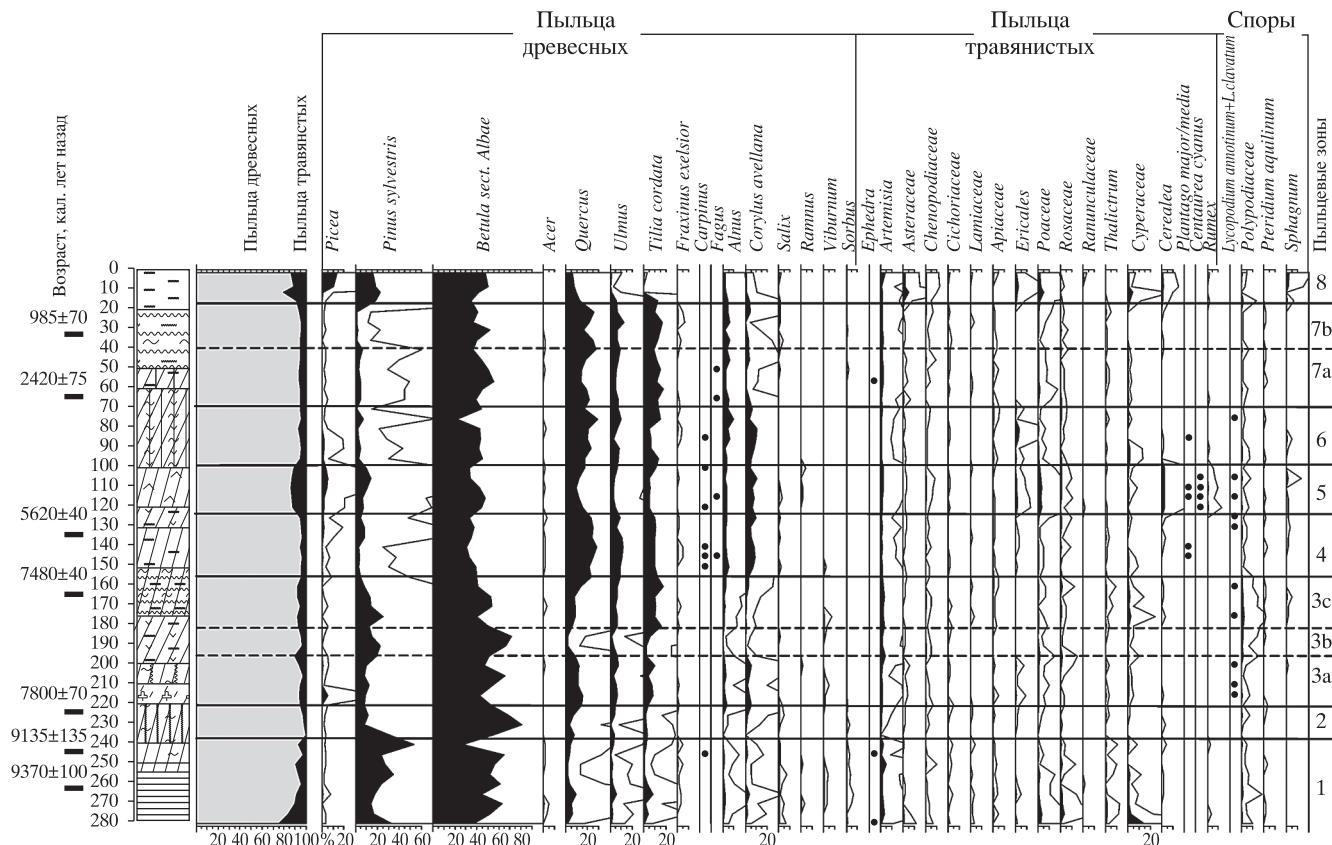


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма.

За 100% принята сумма пыльцы древесных пород и травянистых растений. Дополнительный контур показывает содержание базового таксона с увеличением в 10 раз.

Усл. обозначения типов торфа см. подписи к рис. 3.

вой структуры в сообществе раковинных амеб в исследованной торфяной залежи можно выделить три основные зоны (рис. 5).

Сопоставление основных результатов комплексного изучения болота и реконструкция динамики климатических условий показаны на рис. 6.

Обсуждение результатов. Болото “Клюква” относится к карстово-суффозионным водораздельным болотам [7]. Такое положение в рельефе в отличие от пойменных болот, наиболее часто являющихся объектом исследований в зонах широколиственных лесов и лесостепи [11, 17, 22, 32], позволяет нам рассмотреть динамику растительного покрова окружающей территории без искажений, которые могут быть следствием привноса вещества водами реки с довольно большой территории водосборного бассейна. Высокие показатели содержания органического вещества (см. график динамики потерь при прокаливании на рис. 3) свидетельствуют о том, что поступление минерального вещества с окружающей территорией было минимальным почти на всем протяжении формирования торфяной залежи.

Согласно результатам изучения строения разреза и радиоуглеродному датированию накопление органического вещества в изучаемом карстово-суффозионном понижении началось в раннем голоцене. Радиоуглеродная дата подошвы органических отложений (граница торфа и гиттии, глинистой) – 9370 ± 115 кал. л. н. (календарных лет назад), что хорошо согласуется с обширным массивом радиоуглеродных дат базальных горизонтов торфа болот Северной Евразии [19, 31]. В период 11000–9000 кал. л. н. начали формироваться болота лесной зоны на всей территории Восточно-Европейской равнины [12, 19], а также происходило образование карстово-суффозионных депрессий и их заболачивание на водоразделах и высоких террасах реки Оки и ее притоков [7]. На южной границе современной лесной зоны и в лесостепи датировки базальных горизонтов торфа, относящихся к этому периоду, отмечены для наиболее мощных пойменных торфяников [4, 11, 17].

Развитие изучаемой болотной экосистемы началось с формирования травянистых сообществ

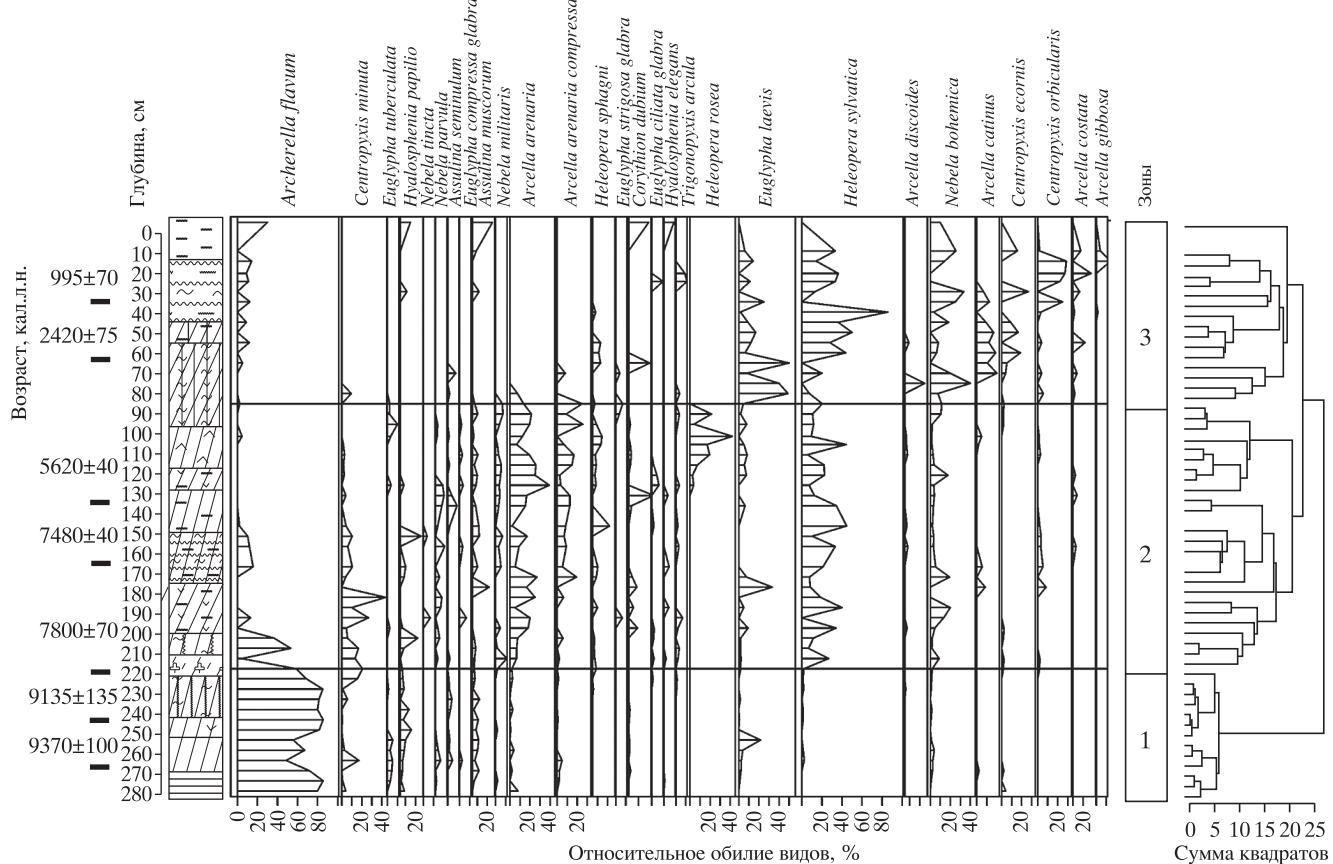


Рис. 5. Диаграмма ризоподного состава.
Усл. обозначения типов торфа см. подписи к рис. 3.

с участием сосны и березы. Интенсивный сток с минеральных почв способствовал произрастанию влаголюбивых эвтрофных видов, как сосудистых растений, так и мохообразных (рис. 3). Среди макроостатков растений-торфообразователей присутствуют гигрофильные зеленые (гипновые) и сфагновые мхи (от 10 до 30%). Данные ризоподного анализа (рис. 5) свидетельствуют о том, что уже на начальных этапах развития болота сфагновые мхи произрастали в обводненных условиях, формируя некрупные дерновины, приуроченные, в основном, к межкочечным понижениям. Присутствие ксерофильных видов (*Assulina muscorum* и *Arcella arenaria*) может свидетельствовать о нестабильном гидрологическом режиме на данном этапе развития болота, сопровождающемся как активным обводнением в результате стекания поверхностных вод в весенне-осенний период, так и иссушением депрессии летом, что вполне возможно в условиях летнего дефицита осадков.

Результаты спорово-пыльцевого анализа показали, что около 9500 кал. л.н. (п. (пыльцевая) зона 1, рис. 4) на прилегающей территории

были распространены сосново-березовые леса с небольшим участием широколиственных пород. Очевидно, леса были негустые, с хорошо развитым подлеском, в котором принимали участие лещина, калина, рябина, ива и богатый травянистый ярус. Позднее 9000–8000 кал. л.н. (п. зона 2) доля сосны в древостоях резко сократилась, и березовые леса стали доминирующим компонентом в растительном покрове. Согласно полученным данным, климатические условия рассматриваемого периода были близки к современным или чуть прохладнее и, возможно, более сухие, что соответствует климатическим реконструкциям для начала атлантического периода голоцене для Восточно-Европейской равнины в целом [16, 19].

Значительные изменения как в региональной, так и в локальной растительности фиксируются по данным палеоботанического и ризоподного анализов приблизительно начиная с возраста 7810 ± 85 кал. л.н. В лесных фитоценозах, окружающих болото, широколиственные породы (дуб, вяз, липа) и лещина увеличили свое участие (п. зона 3а, рис. 4). В травяном ярусе были обиль-

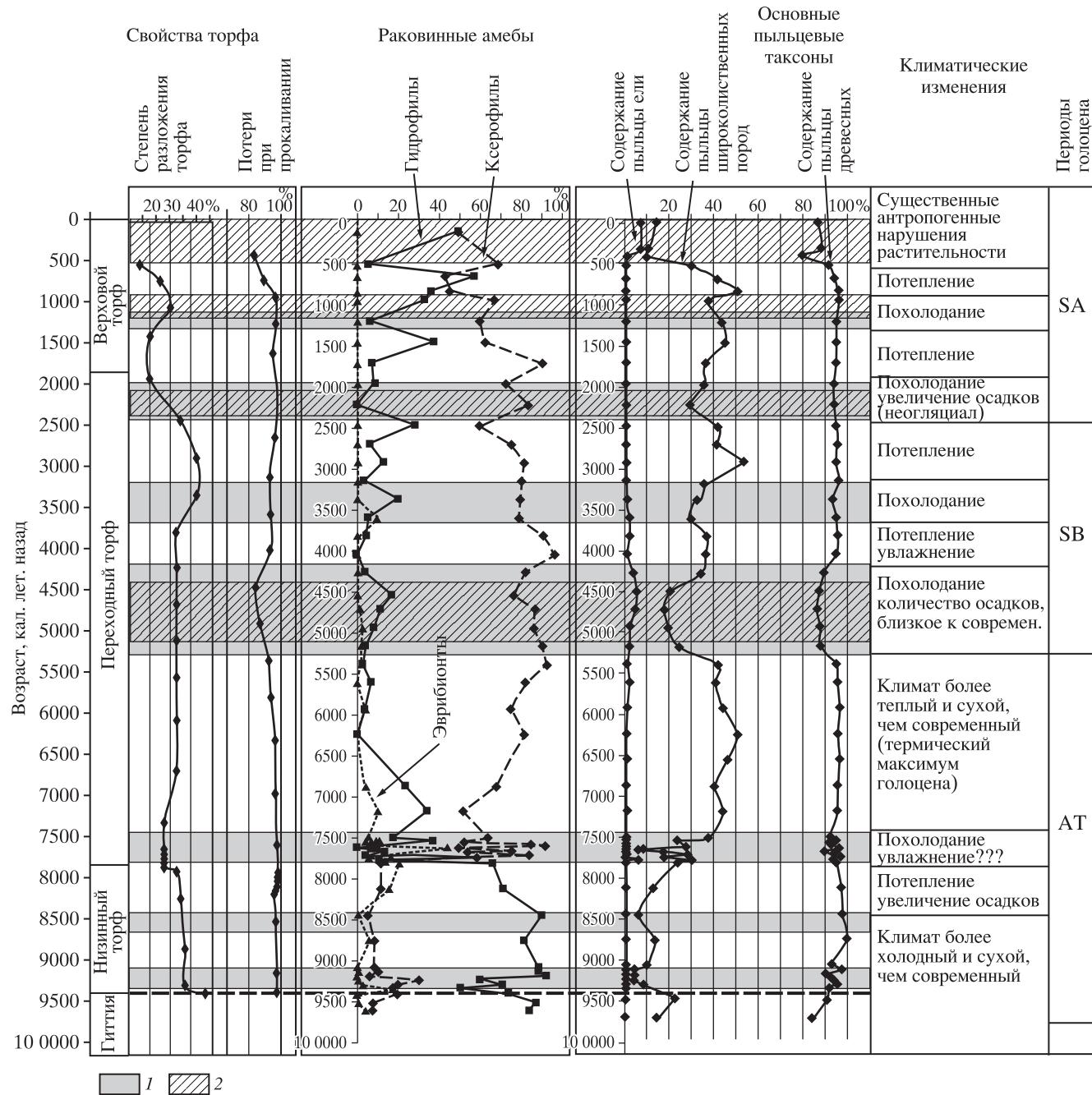


Рис. 6. Основные результаты комплексного изучения болота “Клюква” и динамика климата на окружающей территории в голоцене.

1 – периоды похолодания климата, 2 – периоды антропогенных нарушений растительности.

Периоды голоцене по Н.А. Хотинскому [2]: АТ – атлантический, SB – суб boreальный, SA – субатлантический.

ны папоротники. В локальной растительности болота постепенно возрастило участие сфагновых и гипновых мхов, появилась пушица. В сообществе раковинных амеб также отмечается значительные изменения, связанные с появлением представителей группы ксерофильных и эврибионтных видов. Это совпадает с началом формирования травяно-сфагнового переходного торфа и может

свидетельствовать о снижении участия в растительном покрове гигрофильных эвтрофных сфагновых мхов.

Результаты спорово-пыльцевого анализа указывают на резкие и короткопериодные (продолжительностью около 100 лет) изменения в растительности на окружающей территории в интервале 7700–7600 кал. л.н. На спорово-пыль-

цевой диаграмме (п. зона 3б) четко прослеживается интервал существенного снижения доли широколиственных пород и лещины почти до их полного исчезновения из спектров. Вместе с этим процентные содержания березы и сосны резко возрастают. Кроме того, для временного интервала 7800–7500 кал. л.н. была характерна очень высокая скорость накопления торфа (рис. 2). Даже если считать нижнюю дату несколько омоложенной, что нередко случается в разрезах голоценовых отложений, низкая степень разложения торфа (15–20%) свидетельствует о том, что процесс торфообразования протекал очень быстро. Данные анализа ботанического состава торфа этого горизонта свидетельствуют о переходе к мезотрофной стадии развития болота (смене низинных торфов травяно-сфагновым переходным), сопровождающейся изменением видового состава палеосообществ. В этот период также отмечаются практически полное исчезновение гидрофильных видов раковинных амеб, типичных для нижней части разреза, и резкое увеличение доли эврибионтных видов. Возможно, подобные изменения как локальных условий болота, так и в растительности на окружающей территории вызваны не климатическими причинами, а отражают восстановительную сукцессию после нарушений растительного покрова вследствие воздействия локальных факторов (пожара, ветровала и т. п.).

В течение временного интервала с 7500 по 5200 кал. л.н. (средняя и поздняя фазы атлантического периода голоцена) в рассматриваемой депрессии существовало мезотрофное болото и формировался осоково-сфагновый и пушиево-сфагновый переходные виды торфа (рис. 3). Скорость накопления торфа уменьшается, степень разложения увеличивается (рис. 2, 3). По-видимому, обводнение болота уменьшилось, что подтверждается резким снижением доли гипновых мхов (с 35 до 10%) и появлением эвтрофных, но устойчивых к иссушению сфагнумов секции *Palustre* (*S. centrale*). Согласно ризоподному анализу, в данный период сохраняется в целом ксероморфный характер сообществ раковинных амеб, при незначительной доле гидрофильных видов.

На прилегающей к болоту территории, согласно данным спорово-пыльцевого анализа, возрастной интервал с 7500 по 5200 кал. л.н. характеризовался максимальным развитием дубовых лесов с участием вяза, липы и ясения и хорошо развитым кустарниковым ярусом (п. зоны 3с и 4, рис. 4). Содержание пыльцы лещины в данном интервале максимально. Изменения растительности на болоте, свойств торфяной залежи и

растительного покрова окружающей территории указывают на существенное потепление и, возможно, некоторое иссушение климата за счет сокращения осадков в летний период (термический максимум голоцена).

Обращает на себя внимание присутствие в спорово-пыльцевых спектрах единичных зерен граба и бука. Очевидно, бук в бассейне верхней Оки в голоцене не произрастал, а граб мог присутствовать в небольшом количестве. Реконструкции палеоареала граба в голоцене указывают на существенное продвижение его границ в центральные районы Восточно-Европейской равнины [1]. Появление пыльцы бука в спектрах может быть связано с ветровым заносом. Хотя можно предположить, что в этот период также происходило значительное расширение области его распространения на восток.

Около 5000–4000 кал. л.н. произошли заметные изменения как в экосистеме болота, так и на окружающей территории, связанные с антропогенными нарушениями растительного покрова. В пыльцевых спектрах заметно сократилось участие деревьев и кустарников (п. зона 5, рис. 4), при этом содержание широколиственных пород значительно уменьшилось, а доля березы и лещины, видов, чутко реагирующих на уменьшение сомкнутости древесного полога, даже немного возросла. В спектрах появилась пыльца культурных злаков (до 3.5%), василька синего (сегетального сорняка), а также подорожника и щавеля – видов-индикаторов присутствия человека и нарушения растительного почвенного покрова [30]. Тот факт, что в непосредственной близости от болота “Клюква” расположена целая группа археологических объектов: два неолитических памятника, а также обнаружены находки эпохи бронзы [2] – позволяет нам предположить, что в период обитания поселений происходили уничтожение широколиственных лесов в результате подсечно-огневого земледелия и распространение на их месте вторичных березняков. К сожалению, детальных археологических изысканий в этом районе не проводилось.

О нарушении почвенного покрова свидетельствует увеличение на 20% минеральной фракции в торфе в период с 5180 по 4280 кал. л.н. (рис. 3, 6). В локальной растительности уменьшается доля сфагновых мхов (рис. 3), что может отражать изменения минерального питания, связанные с увеличением трофности стекающих поверхностных вод в результате их обогащения минеральными частицами, поступающими с незащищенной почвой. Нетребовательные к питанию сфагновые мхи

при столь резком изменении условий среды могут гибнуть, чем и следует объяснить снижение их обилия и появление в структуре торфяной залежи травяного переходного торфа. В дальнейшем такой “брос” зольных элементов обеспечил произрастание древесных пород. В данный период сообщество раковинных амеб в целом сохраняет ксероморфный характер, что коррелирует с наличием переходных торфов в залежи и мезотрофным типом питания. Показательно появление вида *Heleopera rosea*, который ни до, ни после в изучаемом болоте не встречался. Характерная особенность данного вида – яркая винно-красная окраска раковинки, однако, экологическое значение данного признака, как и экология вида в целом, остаются мало изученными. Вероятно, появление данного вида можно также связать с увеличением концентрации минеральных частиц, необходимых для построения раковинки.

Вышеупомянутые нарушения пыльцевых спектров несколько замаскировали ландшафтно-климатические изменения на территории Восточно-Европейской равнины около 5000 кал. л.н., связанные с похолоданием климата в суббореальном периоде голоцене [10]. Однако появление в пыльцевых спектрах пыльцы ели (пыльцевая зона 5) может быть отражением экспансии ели из более северных районов – верхний максимум ели в голоцене на диаграммах таежной зоны [10]. Возможно, в небольшом количестве ель присутствовала в древостоях, и при уничтожении широколиственных пород вид получил конкурентные преимущества и на короткое время увеличил численность своей популяции.

Около 4300 кал. л.н. человек, видимо, покинул эту территорию, и широколиственные леса восстановили свои позиции в бассейне верхней Оки (п. зоны 6–7, рис. 4). В локальной экосистеме болота также произошли изменения. Поселение древесных пород обеспечило формирование древесно-травяного переходного торфа (начиная с 4300 кал. л.н.), который, в свою очередь, сменился древесно-сфагновым (начиная с 2500 кал. л.н.).

В течение временного интервала 2500–2000 кал. л.н. (начало субатлантического периода голоцене) сокращение процентного содержания пыльцы широколиственных пород, в первую очередь дуба, вяза и лещины (п. зона 7а), свидетельствует о том, что климат, возможно, стал более влажным и прохладным (рис. 6). Следует отметить почти полное отсутствие ели в составе лесных сообществ вплоть до второй половины последнего тысячелетия. Однако уже в 100 км к северо-востоку, в районе Тулы, в зоне современ-

ных широколиственных лесов в разрезах пойменных торфяников [11] отмечается присутствие пыльцы ели в количестве до 10%, что позволяет сделать предположение об инвазии хвойно-широколиственных лесов в районе Тульских засек и неравномерности продвижения ареала ели к югу. В интервале 1500–1200 кал. л.н. широколиственные леса восстановили свои позиции на рассматриваемой территории. При этом доля пыльцы липы возросла, а содержание пыльцы лещины сократилось (п. зона 7б, рис. 4). Возможно, леса стали более густыми.

В течение последних двух тысячелетий продолжающееся обеднение минерального питания вызвало уменьшение доли древесных пород, усиление роли сфагновых мхов (*Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*) и пушкицы (*Eriophorum vaginatum*). На этом этапе развития болота появляется пушкицово-сфагновый торф. Начиная примерно с 2000 кал. л.н., появляются гидрофильные виды раковинных амеб, как сфагнобионтов, так и эврибионтов. Принимая во внимание сохранившееся в составе сообществ большое количество ксерофильных видов, подобные изменения могут свидетельствовать о мозаичном сочетании *S. magellanicum* и *S. angustifolium* в моховом покрове болота, находящегося на олиготрофной стадии развития. Эти виды различаются по экологии и занимают разные элементы микрорельефа (*S. magellanicum* – вершины кочек и гряд, *S. angustifolium* – склоны кочек и межкочечные понижения). В процессе развития болота происходит разрастание тех или иных видов сфагновых мхов при разном водном режиме, что может быть причиной соответствующих изменений в структуре сообществ раковинных амеб.

Согласно археологической карте России [2], в раннем железном веке и в Средневековье территория, прилегающая к болоту “Клюква”, была обитаема (детальных исследований не проводили). Сокращение доли широколиственных пород (возможно, выборочные рубки) и появление пыльцы культурных злаков (единично) являются признаками появления человека. Однако нарушения растительного покрова не были столь заметными, как в более раннюю эпоху. Содержание органического вещества в торфе остается очень высоким (до 94–96%). Очевидно, поступление минеральной фракции за счет нарушения почвенно-растительного покрова на территории, прилегающей к болоту, практически не происходило. В таких условиях развитие болота происходило в направлении олиготрофизации, что обеспечило переход к сфагновому верховому торфу в поверхностном горизонте залежи.

Изменения состава и соотношения основных компонентов спорово-пыльцевых спектров и динамика свойств торфяной залежи позволяют заключить, что общее похолодание климата во вторую половину голоцена включало серию похолоданий и потеплений второго порядка. Похолодания соответствовали временным интервалам 5000–4000, 3600–3200, 2500–2000 и 1400–800 кал. л.н. (рис. 6). Значительные потепления имели место в интервалах 4000–3600 кал. л.н., 2000–1400 кал. л.н. и около 1000–700 кал. л.н. (возможно, Средневековая климатическая аномалия).

Время формирования верхней части торфяной залежи (горизонта слабо разложившегося сфагнового верхового торфа, глубина 20–0 см) соответствует последним нескольким столетиям. Растительный покров болота приобрел современную структуру, в то время как на окружающей территории произошли драматические изменения (п. зона 8; рис. 4, 6). Началось активное хозяйственное освоение бассейна верхней Оки: вырубка лесов под пашню и производства древесины. Широколиственные леса были почти уничтожены, и их место заняли сосново-березовые леса, в которые активно внедряется ель. Содержание пыльцы ели в спектрах в верхних 10 см максимально за весь голоцен (10–15%). Возможно, ель начала расселяться после сведения широколиственных лесов, когда ослабла конкуренция с широколиственными породами и, в первую очередь, с дубом. Таким образом, на формирование хвойно-широколиственных лесов на данной территории повлияли не столько климатические причины, сколько антропогенный фактор.

Заключение. Комплексное палеогеографическое изучение водораздельного болота “Клюква” позволило нам рассмотреть динамику растительности и климата в голоцене. Реконструкции растительности выполнены как на локальном уровне – экосистемы болота, так и региональном уровне бассейна верхней Оки на северо-западе Среднерусской возвышенности. Согласно полученным данным, около 9500 кал. л.н. на изучаемой территории были распространены сосново-березовые леса, климатические условия были близки к современным или чуть прохладнее. Распространение широколиственных лесов в регионе началось около 7800 кал. л.н. и, начиная приблизительно с 7500 кал. л.н., широколиственные леса из дуба, липы и вяза стали доминирующим компонентом растительного покрова. Результаты изучения растительности болота и сообществ раковинных амеб, свойств торфяной залежи и растительного покрова окружающей территории указывают на то, что климатические условия в

период 7500–5200 кал. л.н. (термического максимума голоцена) были более теплыми и более сухими, чем современные. Несмотря на сложную динамику климатических условий, чередование фаз потеплений и похолоданий климата, реконструированных для периода 5200 кал. л.н. – настоящее время, дубово-липовые леса сохранялись в растительном покрове северо-запада Среднерусской возвышенности вплоть до последних нескольких столетий.

Коренные изменения растительности произошли только в историческое время в результате хозяйственной деятельности человека. По-видимому, распространение ели в регионе обусловлено не столько изменением климатических условий, сколько влиянием антропогенного фактора, когда ель получила конкурентные преимущества при уничтожении широколиственных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Е.Ф. 2010. Динамика ареала граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.) в позднеледниково-голоцене на территории Восточной Европы // Динамика экосистем в голоцене. Челябинск: Рифей, 2010. С. 25–29.
2. Археологическая карта России. Тульская обл. Ч. 1. М.: Ин-т археологии РАН, 1997. 360 с.
3. Асеев А.А. Палеогеография долины Средней и Нижней Оки в четвертичный период. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 201 с.
4. Благовещенская Н.В. Динамика лесных экосистем верхнего плато Приволжской возвышенности в голоцене // Экология. 2006. № 2. С. 83–88.
5. Бобров А.А. Историческая динамика озерно-болотных экосистем и сукцессии раковинных амеб (*Testacea*) // Зоологический журнал. 2003. Т. 82. № 2. С. 215–223.
6. Бобров А.А., Зигерт К., Ширмейстер Л., Андреев А.А. Раковинные амебы (*Protozoa: Testacea*) в четвертичных многолетнемерзлых отложениях полуострова Быковский, Арктическая Якутия // Изв. РАН. Сер. биол. 2003. № 2. С. 236–253.
7. Волкова Е.М. Редкие болота северо-востока Среднерусской возвышенности // Ботанический журнал. 2011. Т. 96. № 12. С. 55–70.
8. Геологическая карта четвертичных отложений. М-б 1:500 000 / Ред. Шик С.М. М.: Министерство природных ресурсов РФ, 1998.
9. Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
10. Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за

- последние 130 000 лет (общая палеогеография) / Ред. Величко А.А. М.: ГЕОС, 2002. 232 с.
11. Климанов В.А., Серебряная Т.А. Изменения растительности и климата на Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1986. № 2. С. 93–101.
 12. Климанов В.А., Сирин А.А. Динамика торфоакопления болотами Северной Евразии за последние 3000 лет // ДАН. 1997. Т. 354. № 5. С. 683–686.
 13. Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии / Ред. Величко А.А. М.: ГЕОС, 2010. 220 с.
 14. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 319 с.
 15. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амеб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. № 37. С. 13–23.
 16. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северной Евразии. Поздний плейстоцен–голоцен. Атлас-монография / Ред. Величко А.А. М.: ГЕОС, 2009. 120 с.
 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, встречающихся в торфе. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1959. 90 с.
 19. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
 20. Bennett K.D. Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence // New Phytologist. 1996. No. 132 (1). P. 155–170.
 21. Blaauw M. Methods and code for “classical” age-modelling of radiocarbon sequences // Quaternary Geochronology. 2010. No. 5 (5). P. 512–518.
 22. Borisova O., Sidorchuk A., and Panin A. Palaeohydrology of the Seim River basin, Mid-Russian Upland, based on palaeochannel morphology and palynological data // Catena. 2006. No. 66. P. 53–73.
 23. Bunbury J., Sarah A. Finkelstein S.A., and Bollmann J. Holocene hydro-climatic change and effects on carbon accumulation inferred from a peat bog in the Attawapiskat River watershed, Hudson Bay Lowlands, Canada // Quaternary Res. 2012. No. 78. P. 275–284.
 24. Climate change 2007. The Physical Science Basis. WG1. Summary for policymakers / Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (Eds.). Cambridge & NY, Cambridge Univer. press. 142 p.
 25. Dean W.Jr. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods // Journal of Sedimentary Petrology. 1974. No. 44. P. 242–248.
 26. 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. P. 5–7.
 27. Grimm E.C. CONISS: A FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares // Computers & Geosciences. 1987. No. 13. № 1. P. 13–35.
 28. Hendon D. and Charman D.J. The preparation of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) samples from peat // Holocene. 1997. No. 7. № 2. С. 199–205.
 29. Juggins S. rioja: Analysis of Quaternary Science Data, R package version 0.7-3. 2012. <http://cran.r-project.org/package=rioja>.
 30. Khotinsky N.A. Anthropogenic changes in the landscapes of the Russian Plain during the Holocene // Grana. 1993. Suppl. 2. P. 70–74.
 31. MacDonald G.M., Beilman D.W., Kremenetski K.V., Sheng Y.W.S.L.C., and Velichko A.A. Rapid early development of circumarctic peatlands and atmospheric CH₄ and CO₂ variations // Science. 2006. No. 314. P. 285–288.
 32. Novenko E.Yu., Volkova E.M., Glasko M.P., and Zukanova I.S. Palaeoecological evidence for the middle and late Holocene vegetation, climate and land use in the upper Don River basin (Russia) // Vegetation History and Archaeobotany. 2012. No. 21. P. 337–352.
 33. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Austria, Vienna. 2012.
 34. Reimer P.J., Baillie M.G.L., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Burr G.S., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., McCormac F.G., Manning S.W., Reimer R.W., Richards D.A., Southon J.R., Talamo S., Turney C.S.M., van der Plicht J., and Weyhenmeyer C.E. IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP // Radiocarbon. 2009. No. 51 (4). P. 1111–1150.
 35. Simpson G.L. and Oksanen J. Analogue: Analogue matching and Modern Analogue Technique transfer function models. (R package version 0.8-2). 2012. <http://cran.r-project.org/package=analogue>.
 36. Tolonen K. Rhizopod analysis // Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohydrology / Ed. B.E. Berglund. Chichester: John Wiley & Sons, 1986. P. 645–666.

Changes of Vegetation and Climate in the North-West of the Central Russian Upland in the Holocene

E.Yu. Novenko^{*,*}, A.N. Tsyganov^{***}, E.M. Volkova^{****}, K.V. Babeshko^{***},
N.V. Lavrent'ev^{**}, and Yu.A. Mazei^{*.***}**

^{}Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia*

*^{**}Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*^{***}Penza State University, Penza, Russia*

*^{****}Tula State University, Tula, Russia*

e-mail: lenanov@mail.ru; andrey.tsyganov@bk.ru; yurimazei@mail.ru; convallaria@mail.ru

The article presents the results of spore-pollen and rhizopod analyses, the study of botanical composition of peat and the radiocarbon dating of peat deposits of the Cranberry (Klukva) bog (Belev district, Tula oblast) and the reconstruction of changes in vegetation and climate in the Holocene. The obtained data showed that the spread of broad-leaved forests of oak, linden and elm on the North-West of the Central Russian Upland had begun around 7800 years BP (before present), and up to the last few centuries broad-leaved forests were the dominant component of the vegetation cover. Drastic vegetation changes occurred only in historic times as a result of human activities. In period 9500–7500 years BP climatic conditions were cooler than at present, and in the interval 7500–5200 years BP they were warmer and drier. A general cooling of the climate in the second half of the Holocene had included the climatic oscillations of the second order: a series of cold spells (5000–4000, 3600–3200, 2500–2000, 1400–800 years BP) and warming (4000–3600, 2000–1400 years BP, and about 1000–700 years BP).

Keywords: Holocene, spore-pollen analysis, botanical analysis of peat, testate amoebae, reconstruction of vegetation and climate, Central Russian Upland.

doi:10.15356/0373-2444-2016-1-103-114