УДК 581.5

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ БОЛОТ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Е.М. Волкова[1], *Е.Ю. Новенко*[2], *М.Б. Носова*[3], *Д.В. Зацаринная*[4]

Рассмотрена динамика развития болот в депрессиях карстово-суффозионного происхождения, имеющих разные подстилающие породы и гидрологический режим. Показано, что болота, сформированные в понижениях на зандровых песках, характеризуются низкой скоростью прироста торфа (0,6 мм/год) и раньше переходят в олиготрофную стадию развития. Вне зандровых равнин болота продолжительное время находятся в эвтрофной стадии, при этом интенсивное обводнение понижений обеспечивает высокую (до 7–8 мм/год) скорость торфонакопления. Рассмотрены стадии развития болот, показана зависимость их развития от состояния окружающих ландшафтов.

Ключевые слова: болотные экосистемы, торфяная залежь, генезис.

Заболоченность на границе леса и степи крайне низка – менее 1% (Торфяные ресурсы.., 2001), что обусловлено комплексом природных факторов. На водоразделах болота занимают небольшие площади и образованы преимущественно в депрессиях карстово-суффозионного происхождения (Чикишев, 1978). Характер заболачивания депрессии зависит от ее глубины и степени обводнения, что обусловлено геолого-гидрологическими особенностями территории (Дымов и др., 2000). Важно отметить, что вероятность образования провалов увеличивается под действием тектонических процессов. Кроме того, оказывает влияние лесная растительность, поскольку при разложении опада древесных пород увеличивается кислотность («агрессивность») просачивающихся поверхностных вод, что ускоряет растворение карбонатсодержащих пород и усиливает процесс карстообразования (Гвоздецкий, 1979).

Растительность карстово-суффозионных болот разнообразна, представлена как эвтрофными, так и мезо- и олиготрофными ценозами, часто характеризуется мозаичностью или комплексностью (Волкова, 2011). Фитоценотическое разнообразие болот определяется водно-минеральным питанием и стадией развития. Однако сведений о генезисе, интенсивности вертикального прироста болот крайне мало (Гребенщикова, 1939; Камышев, 1967; Хмелев, 1975). Цель данной работы – изучение динамики развития карстово-суффозионных болот, выявление причин изменчивости палеосообществ.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили на территории Тульской обл., расположенной на границе хвойно-широколиственных, широколиственных лесов и лесостепи. Здесь, несмотря на низкую заболоченность (менее 0,1%), болотные экосистемы довольно разнообразны, что позволило провести районирование болот области (Волкова, 2011). Водораздельные болота карстово-суффозионного происхождения характерны для Приокского и Засечного районов. В Приокском р-не исследовали болото Клюква, в Засечном р-не – болота Кочаки и Быковка (рис. 1).

Болото Клюква, образованное в понижении на склоне водораздела по правому берегу р. Ока, занимает площадь 1 га. Болото окружено участками хвойно-широколиственного леса с участием ели. Торфяная залежь имеет глубину 2,5 м. Растительность представлена грядово-мочажинным комплексом фитоценозов. На грядах произрастает сосна (*Pinus sylvestris*) высотой 10–12 м. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют клюква (*Oxycoccus palustris*) и пушица (*Eriophorum vaginatum*). Моховой покров формируют *Sphagnum magellanicum* на грядах и кочках, *S. balticum* по их склонам (редко), *S. angustifolium* и *S. fallax* в межкочечных понижениях и мочажинах. Олиготрофный характер растительности подтверждается

[1] Волкова Елена Михайловна – доцент кафедры биологии Тульского государственного университета, канд. биол. наук (convallaria@mail.ru); [2] Новенко Елена Юрьевна – вед. науч. сотр. кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, докт. географ. наук (lenanov@mail.ru); [3] Носова Мария Борисовна – науч. сотр. Главного ботанического Сада РАН, канд. биол. наук (mashanosova@mail.ru); [4] Зацаринная Дина Владимировна – вед. специалист естественно-исторического отдела Тульского областного краеведческого музея, канд. биол. наук (dvisloguzova@gmail.ru).

свойствами болотных вод (pH 2,8–2,9; минерализация 42 мг/л).

Болото Кочаки, сформированное в понижении глубиной 7 м на склоне водораздела, занимает площадь около 0,5 га. Разорванная торфяная залежь болота представлена придонной и сплавинной частями, разделенными «линзой» воды. На торфяной сплавине сформированы мезотрофные очеретниково-осоково-сфагновое и кустарничково-тростниково-сфагновое сообщества с *Chamaedaphne calyculata, Oxycoccus palustris, Rhynchospora alba, Carex rostrata, Molinia caerulea, Sphagnum magellanicum* и *S. angustifolium.* В таких сообществах уровень болотных вод (УБВ) близок к поверхности и составляет –15 см, минерализация болотных вод низка – 32–40 мг/л. На окрайках сформированы эвтрофные ценозы. Болото окружено антропогенными ландшафтами (залежами).

Болото Быковка занимает площадь 0,2 га. Торфяная залежь имеет глубину 9 м. Растительность мезоолиготрофного типа представлена осоково-сфагновым ценозом с участием *Oxycoccus palustris*, *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa, Rhynchospora alba,* реже – *Hammarbya paludosa*, *Carex limosa*, *Sphagnum fuscum, S.magellanicum* и *S. angustifolium*. УБВ = –10 см, минерализация 48 мг/л. Болото окружено сельскохозяйственными полями и залежами.

В наиболее глубокой части всех указанных болот с помощью торфяного бура проводили отбор образцов торфа, в которых определяли степень разложения (%) и состав растительных остатков (Атлас..., 1959) микроскопическим методом. На основании результатов ботанического анализа были построены стратиграфические диаграммы торфяных отложений в программе Korpi (Кутенков, 2013), что позволило реконструировать этапы развития болот. Для установления времени начала болотообразовательного процесса, «возраста» конкретных палеосообществ, а также скорости прироста торфа проводили определение абсолютного возраста торфяных образцов в

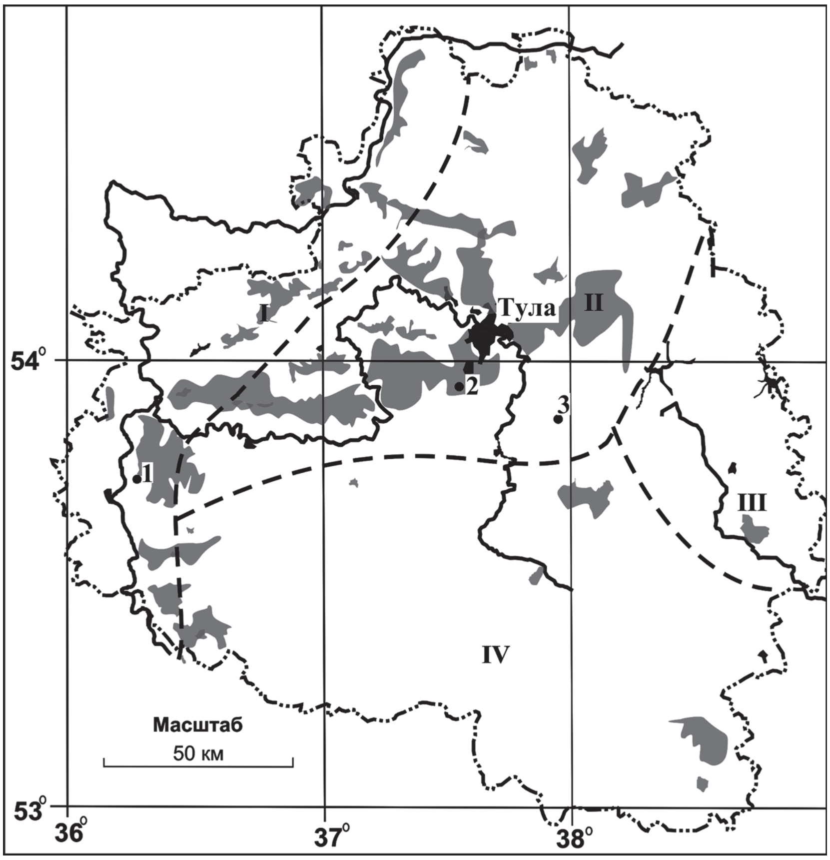

Рис. 1. Схема районирования болот Тульской обл. с указанием объектов исследования: I – Приокский район олиго- и мезотрофных водораздельных и террасных болот, подстилаемых песками; II – Засечный р-н олиго- и мезотрофных водораздельных карстово-суффозионных болот, подстилаемых разновозрастными глинами; III – Верхнедонской р-н эвтрофных пойменных болот; IV – Южный р-н, слабозаболоченный с мелкозалежными пойменными болотами (1 – болото Клюква, 2 – болото Кочаки, 3 – болото Быковка)

радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН (Москва). Полученные результаты калибровали в программе CalPal (http://www.calpal-online.de/). Все приведенные в статье датировки являются калиброванными (таблица). На основании полученных результатов выявлена динамика торфонакопления для каждого болота (рис. 2). Состояние окружающих ландшафтов оценивали по результатам палинологического анализа (Носова, Волкова, 2014; Новенко и др., 2014, 2016; Novenko et al., 2015).

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что болота различаются по времени возникновения. Наиболее «древним» является болото Клюква, поскольку возраст придонного слоя торфа (265–270 см) составляет 9332±117лет. Болота Кочаки и Быковка более «молодые». Так, возраст торфа в болоте Кочаки на глубине 640–650 см составляет 1205±81 лет, в болоте Быковка на глубине 630–640 см – 2235±79 лет (таблица, рис. 2). Реконструкция этапов развития болот (рис. 3–5) позволила выявить особенности генезиса экосистем.

Болото Клюква образовано в понижении зандровых равнин и подстилается песками. Придонный слой торфа является травяным низинным (рис. 3) с участием зеленых (гипновых) и сфагновых мхов (не более 20%). Торф имеет достаточно высокую степень разложения (*R* = 35–40%). Скорость прироста торфа на начальных этапах составляла 0,9 мм/год (рис. 2, *а*).

На глубине 220–230 см образован травяно-сфагновый торф с более низкой степенью разложения (*R* = 25%). В дальнейшем этот торф сменился вахтово-гипновым и травяно-гипновым низинными торфами. Около 7,5 тыс. лет назад (глубина 175–200 см) образовался травяно-сфагновый переходный торф с *Eriophorum* sp. При этом скорость торфонакопления возросла до 1,9 мм/год. Торф на глубине 130–175 см представлен пушицево-, осоково- и травяно-сфагновым переходными видами, степень разложения сохранилась прежней (15–25%).

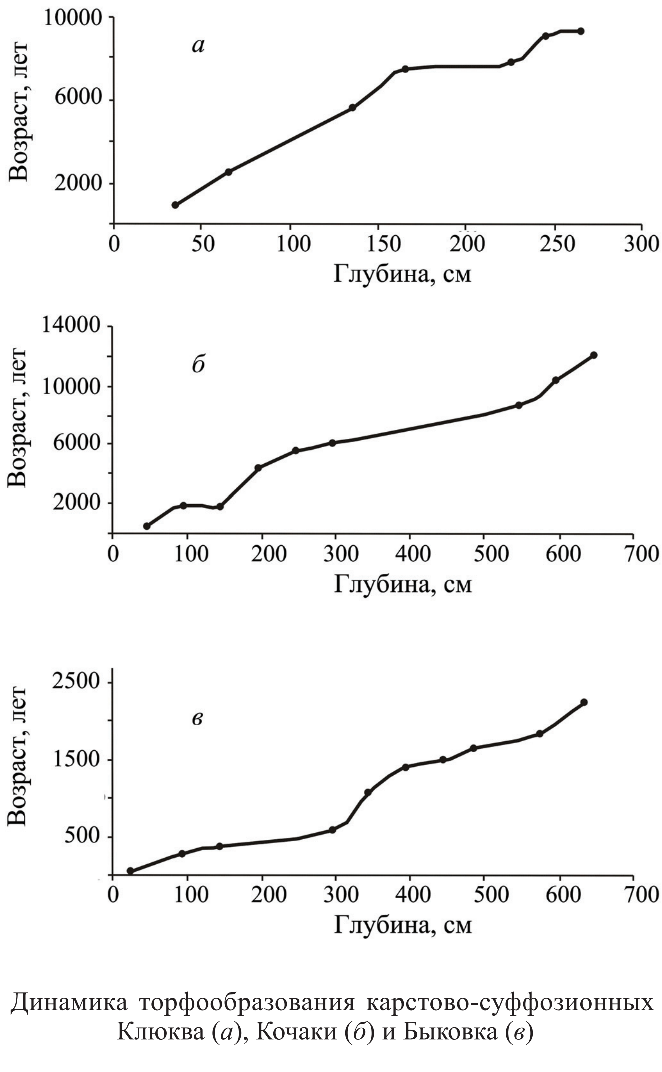

Рис. 2. Динамика торфообразования карстово-суффозионных болот Клюква (*а*), Кочаки (*б*) и Быковка (*в*)

Результаты радиоуглеродного анализа образцов торфа и калиброванные даты

Лабораторный номер образца торфа	Глубина, см	Радиоуглеродный возраст, ^{14}C л.н.	Интервал калиброванного возраста (1σ), кал. л.н.	Вероятность
болото Клюква				
4062	30–40	1050±70	915–1058	1,0
4064	60–70	2400±70	2345–2495	0,76
4063	130–140	4880±70	5582–5664	0,74
4061	160–170	6610±80	7439–7522	0,70
4058	220–230	6980±80	7728–7869	0,84
4049	240–250	8140±100	8989–9278	1,0
4069	265–270	8350±100	9264–9478	1,0
болото Кочаки				
4483	90–100	210±60	139–222	0,52
4484*	140–150	180±100	131–231	0,44
4485*	190–200	430±90	428–536	0,72
4486*	240–250	510±80	495–563	0,65
4487*	290–300	610±70	579–651	0,78
4488*	540–550	950±90	765–935	1,0
4520	590–600	1080±90	918–1087	0,90
4515	640–650	1300±80	1173–1302	0,91
болото Быковка				
4506	20–30	115,98%±3,31%		
4507	90–100	260±80	348–457	0,46
4508	296–339	300±70	347–460	0,72
4509	290–300	540±100	505–570 581–650	0,502 0,498
4510	340–350	1130±80	962–1090	0,75
4505	390–400	1470±70	1297–1414	0,99
4511	440–450	1600±80	1395–1566	1,0
4514	480–490	1720±70	1553–1709	1,0
4504	570–580	1910±70	1777–1930	0,92
4512	630–640	2230±70	2154–2272	0,77

* Сухой остаток + ГК.

На глубине 100–120 см, где уменьшается доля сфагновых мхов, формируется травяной переходный торф. Увеличение обилия древесных остатков в торфе и образование древесно-травяного торфа отмечены на глубине 60–70 см. Такой торф имеет более высокую степень разложения (25–35%), интенсивность прироста торфа снижается до 0,2 мм/год. На глубине 50–60 см участие сфагновых мхов повышается до 30%, отмечено также появление кустарничков

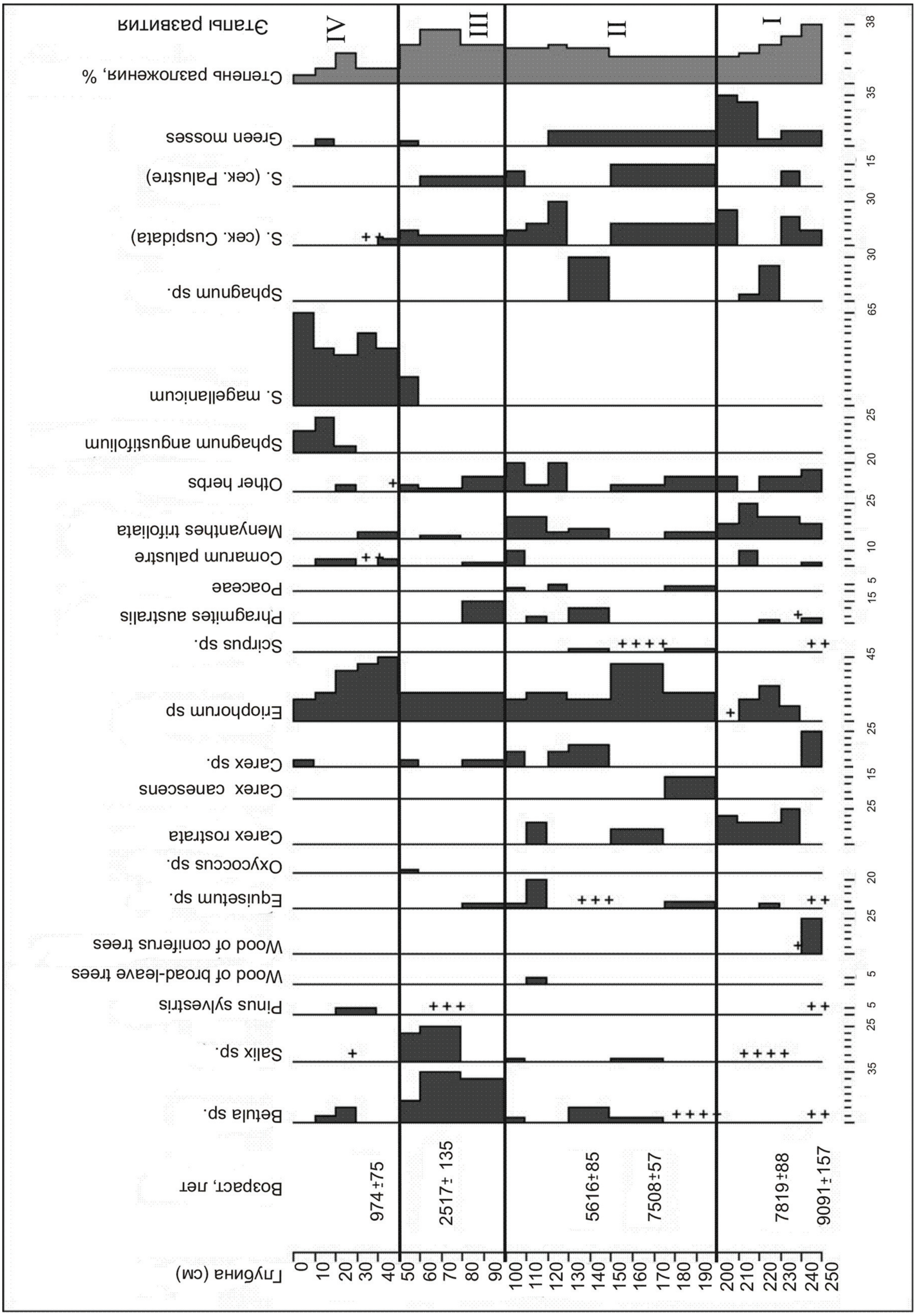

Рис. 3. Стратиграфическая диаграмма торфяных отложений и этапы развития болота Клюква

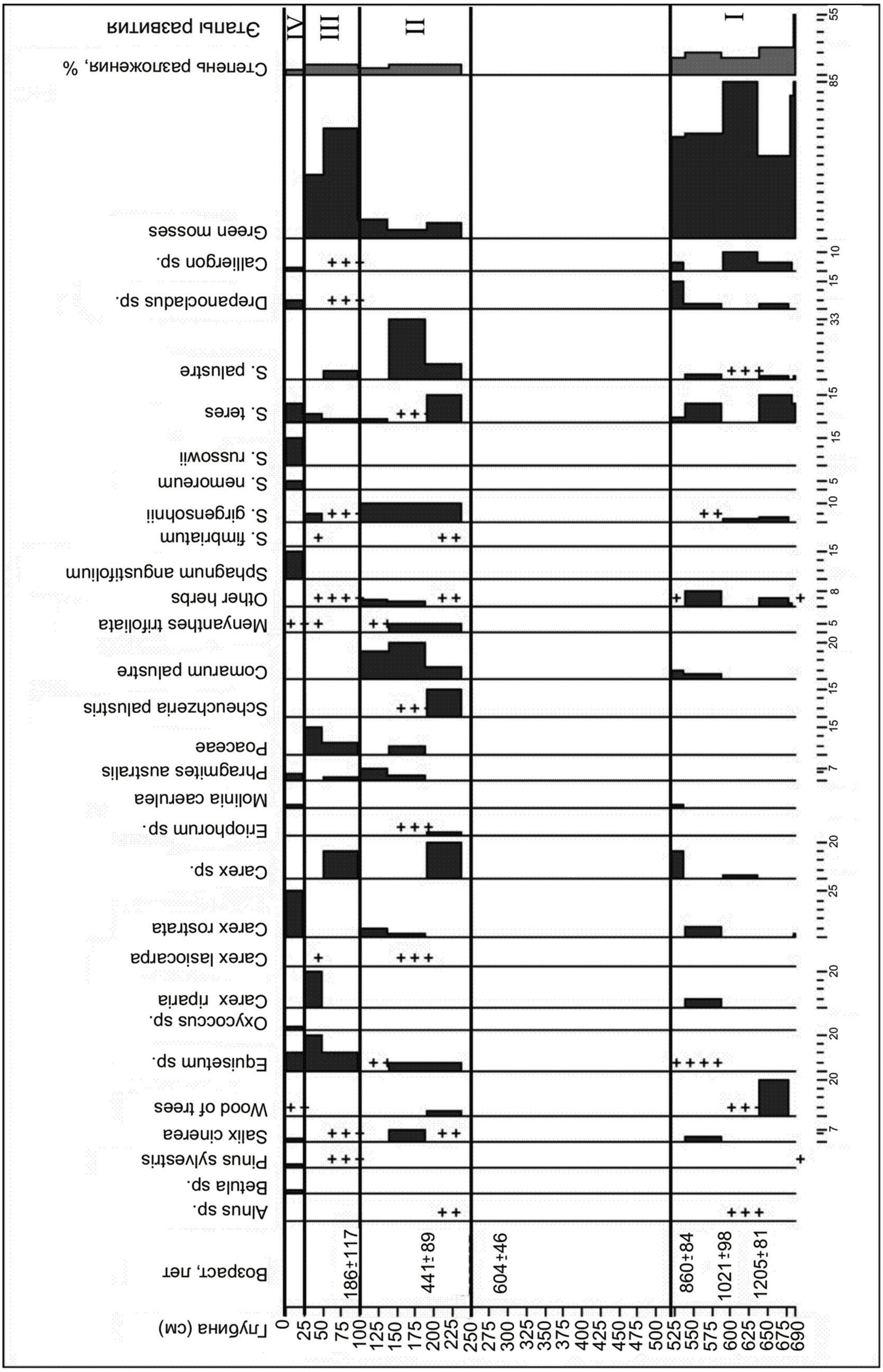

Рис. 4. Стратиграфическая диаграмма торфяных отложений и этапы развития болота Кочаки

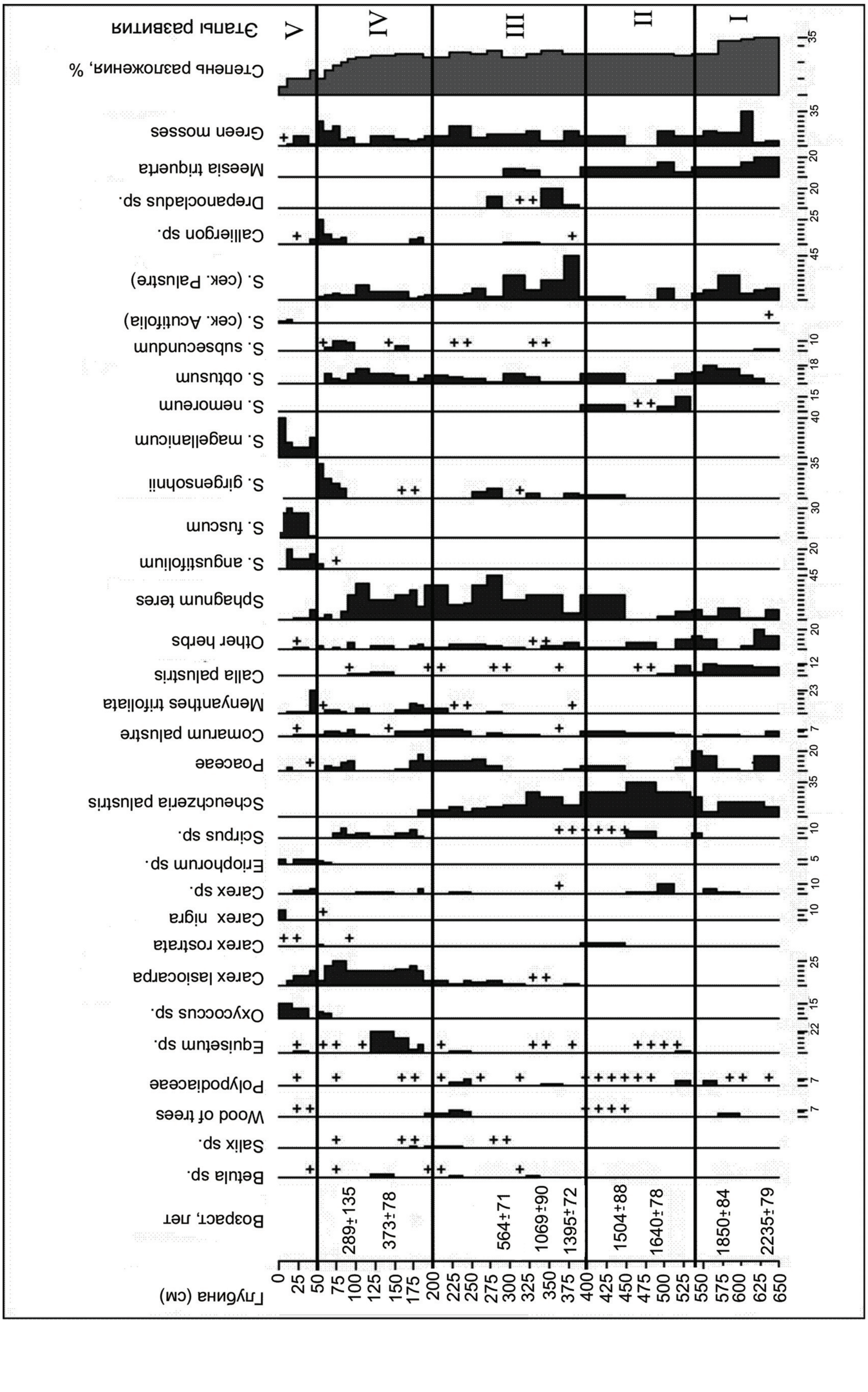

Рис. 5. Стратиграфическая диаграмма торфяных отложений и этапы развития болота Быковка

(*Oxycoccus palustris*). В этот период образуется древесно-сфагновый переходный торф (R = 20%).

Появление верхового торфа отмечено на глубине 40–50 см. В его составе высоко участие *Eriophorum vaginatum* (45%) и *Sphagnum magellanicum* (40%). Такой пушицево-сфагновый верховой торф характеризуется низкой степенью разложения (R = 10–20%). Непосредственно корнеобитаемый горизонт болота образован сфагновым верховым торфом (R = 5–15%). Скорость прироста торфа 0,2–0,3 мм/год.

Очевидно, в процессе развития болота Клюква происходило изменение экологических условий, что повлекло за собой смену растительности и изменение скорости торфообразования. Выявленные локальные изменения растительности в процессе развития болотной экосистемы коррелируют с состоянием окружающих ландшафтов (Новенко и др., 2014; Novenko et al., 2015), что позволило охарактеризовать развитие болотной экосистемы на ландшафтном уровне.

Болотообразовательный процесс в карстово-суффозионном понижении на зандровых равнинах долины р. Ока начался более 9 тыс. лет назад (бореальный период голоцена). Понижение было окружено разреженным сосново-березовым лесом, что обеспечило интенсивный поверхностный сток. Наряду с привносом минеральных веществ выклинивающимися грунтовыми водами, это обусловило поселение эвтрофных трав и мхов. Возможность дренажа и периодическое подсыхание обеспечили активное разложение отмерших растительных остатков, высокую степень разложения торфа и небольшую скорость его прироста на первом (I) этапе развития болота (рис. 3).

Около 7,5 тыс. лет назад (начало атлантического периода) в окружающих ландшафтах стали доминировать широколиственные леса, что сохраняло трофность стекающих поверхностных вод. Минерализация питающих вод оставалась высокой и явилась причиной формирования травяно-зеленомошных ценозов.

Увеличение влажности болотного биотопа в этот период привело к снижению степени разложения растительных остатков в торфе. В таких условиях скорость прироста торфа увеличилась до 1,9 мм/год, что способствовало частичному переходу на атмосферное питание и формированию мезотрофной растительности (II этап).

В конце атлантического – начале суббореального периода на окружающих землях началось расселение людей (Археологическая карта.., 1999). Основной формой деятельности человека в этот период было земледелие, что подтверждается появлением пыльцы культурных злаков и сегетальных сорняков (Новенко и др., 2014). В пыльцевом спектре отмечено сокращение доли пыльцы древесных пород, что свидетельствует о снижении лесистости (Novenko et al., 2015). В результате распашки прилегающих земель усилилась эрозия почв и увеличилась трофность стекающих вод. В этот период на болоте активно разлагаются растительные остатки и снижается скорость вертикального прироста торфа (до 0,2 мм/год). В таких условиях на болото внедряются древесные породы, доля сфагновых мхов снижается (рис. 3), что диагностирует III этап развития болота.

Постепенное восстановление водно-минерального режима способствовало снижению степени разложения торфа и увеличению интенсивности вертикального роста болота в субатлантическом периоде. Такие изменения могли быть связаны с увеличением влажности климата (Новенко и др., 2014). В этот период отмечается полный переход болота на использование атмосферного питания, что приводит к формированию олиготрофной растительности (IV этап). Сопоставление с данными радиоуглеродного датирования свидетельствует о том, что переход в олиготрофную стадию развития произошел менее тысячи лет назад.

Таким образом, в процессе развития болота выделены 4 этапа, что обусловлено изменением условий водно-минерального питания, обеспечившим смену растительности и типов торфа. Скорость торфонакопления на всех этапах развития болота, за исключением кратковременного увеличения увлажнения и более активного прироста в атлантический период, оставалась невысокой (в среднем 0,6 мм/год). Столь быстрый переход к мезо- и олиготрофной стадиям развития обусловлен бедностью питающих вод и отсутствием избыточного увлажнения благодаря подстилающим пескам.

Карстово-суффозионные болота Кочаки и Быковка, расположенные в Засечном р-не (рис. 1), имеют ряд специфических особенностей. Они образовались в глубоких (8–10 м) депрессиях в субатлантический период голоцена. Изучение ботанического состава торфа позволило проследить последовательность смен растительных сообществ в ходе столь быстрого развития болот (рис. 4–5).

Болото Кочаки образовалось в депрессии глубиной 7 м, на дне которой находится слой озерных отложений. Придонный слой торфа (685–750 см) имеет высокую степень разложения (R = 55–60%) и представлен гипновым торфом (рис. 4) с включением листьев дуба. На глубине 600–685 см сохраняется доминирование гипновых мхов, а также имеются остатки эвтрофных сфагновых мхов (*Sphagnum teres*, *S. girgensohnii*). Такой торф, образовавшийся примерно 1200 лет назад, имеет степень разложения 15–25%. На глубине 520–590 см сохраняется гипновый торф, в его составе обнаружены остатки *Salix cinerea*, *Equisetum* sp., *Comarum palustre* и *Molinia caerulea*. Возраст этого торфа 850–1000 лет, скорость прироста 2,5–3,3 мм/год (рис. 2, *б*).

На глубине с 520 до 250 см в структуре залежи имеется разрыв, представляющий собой «линзу» воды, выше которой сформирована сплавина. Возраст травяно-сфагнового низинного торфа в нижней части сплавины составляет 500–600 лет. В его составе увеличилось участие сфагновых мхов (*Sphagnum girgensohnii*, *S.teres*, *S. fimbriatum*). Такой торф имеет низкую степень разложения (R = 10%). Скорость его прироста на начальных этапах формирования сплавины составляла 8,3 мм/год, затем интенсивность торфообразования снизилась до 3–5 мм/год.

На глубине 25–100 см обнаружен гипновый торф (с *Paludella squarrosa*, *Drepanocladus* sp., *Plagiomnium* sp., *Calliergon cordifolium*). Верхний горизонт сплавины (0–25 см) представлен осоково-сфагновым переходным торфом, степень разложения которого менее 5%. В этом образце торфа обнаружены остатки *Oxycoccus palustris, Phragmites australis*, *Menyanthes trifoliata*, *Sphagnum angustifolium* и др. Скорость прироста торфа 3,8 мм/год (рис. 2, *б*).

Как видно, в строении торфяной залежи болота Кочаки доминирует гипновый низинный торф (рис. 4), что свидетельствует о стабильности условий водно-минерального питания в процессе развития болота. Изучение интенсивности вертикального прироста торфа в ходе генезиса болота показало, что скорость торфообразования менялась от 2,5 до 8,3 мм/год (рис. 2, *б*). Наиболее активный рост болота происходил 550–600 лет назад.

Проведенный анализ состава отложений позволил выделить два периода в развитии болота: озерный и болотный. О первом свидетельствует наличие на дне понижения озерных отложений, что является результатом продолжительного и обильного застойного увлажнения, связанного с выклиниванием грунтовых вод. Постепенное высыхание озера способствовало началу заболачивания. «Болотный» период, начавшийся около 1200 лет назад, представлен несколькими этапами. Первый (I) этап начался с зарастания на дне понижения небольшой «лужи», которая является «остаточным озерком». Такую мелководную экосистему заселили гипновые мхи (Волкова, 2010), диагностирующие высокую минерализацию вод (рис. 4). Наличие в образцах торфа листьев дуба черешчатого свидетельствует о том, что болото было окружено широколиственным лесом. Листовой опад накапливался на поверхности «молодого» болота, формируя субстрат, по которому разрастались гипновые мхи.

Выклинивание грунтовых вод (наряду с делювиальным стоком) увеличивало обводненность депрессии, что способствовало доминированию *Drepanocladus* sp. и *Calliergon cordifolium*. Высокая влажность обеспечила слабое разложение растительных остатков и, как следствие, высокую скорость прироста торфа (до 3,3 мм/год). Постепенно в состав сообществ стали внедряться древесные породы (ива пепельная) и травы (*Carex rostrata*, *Equisetum* sp., *Comarum palustre* и *Molinia caerulea*). Эти изменения произошли 800–900 лет назад. На I этапе развития болото характеризовалось умеренным увлажнением и минерализованным питанием, что способствовало формированию гипнового торфа.

Имеющийся в структуре залежи разрыв («линза» воды на глубине 250–520 см) можно объяснить резким и сильным обводнением этого понижения, затопившим уже сформировавшиеся торфяные отложения 550–600 лет назад. Это может быть связано как с изменением гидрологического режима окружающих территорий, так и с возможными климатическими изменениями и увеличением влажности в этот период (Новенко и др., 2016). Столь резкое обводнение вызвало отрыв верхней слаборазложившейся (R = 10–15%) части торфяной залежи, которая всплыла и послужила субстратом для повторного заболачивания и образования сплавины. При этом обеднение питания обеспечило доминирование сфагновых мхов, а высокая влажность сплавины – слабое разложение отмерших растительных остатков (R = 10%) и интенсивный прирост торфа (II этап).

Обнаружение в сфагновой сплавине «прослойки» (25–100 см) гипнового торфа, диагностирующего увеличение трофности питающих вод, является, вероятно, следствием усиления эрозионного смыва с прилегающих территорий (III этап). Такое изменение питания произошло 200 лет назад вследствие масштабного сведения засечных лесов близ г. Тула (Носова, Волкова, 2014) и формирования сельскохозяйственных угодий в окрестностях болота.

Постепенное зарастание прилегающих сельскохозяйственных полей и их переход в залежи в последние 20–30 лет способствовали снижению трофности стекающих вод и восстановлению сфагновых сообществ, что, наряду с частичным переходом на атмосферное питание, стало причиной формирования современной мезотрофной растительности (IV этап) (рис. 4).

Таким образом, болото Кочаки образовалось в карстово-суффозионном понижении в середине субатлантического периода голоцена. Высокое увлажнение способствовало интенсивному вертикальному росту болота, а резкое обводнение 500–600 лет назад обеспечило формирование разорванной торфяной залежи. Воды, питающие болото, имели достаточно высокую минерализацию, что явилось причиной доминирования в генезисе болота эвтрофной стадии (I–III этапы). Формирование мезотрофной растительности на сплавине началось менее 30 лет назад и диагностирует современный (IV) этап развития болота.

Болото Быковка образовано в понижении глубиной более 9 м, дно которого выстлано озерными отложениями. Придонный слой торфа (850–900 см) древесно-травяной низинный, в нем обнаружены остатки ивы, гигрофильных трав и гипновых мхов. В дальнейшем травы (рис. 5) увеличивали свое обилие, появились сфагновые мхи (*Sphagnum teres, S. subsecundum*). Такой травяной низинный торф (R = 35%), образованный примерно 2235 лет назад, залегает на глубине до 640–650 см.

На глубине 630–640 см постепенно увеличивают обилие гипновые мхи (*Meesia triquetra*). Сформированные травяно-гипновый и гипновый низинные торфа (R = 30–35 %) залегают на глубине до 600 см. На глубине 580–600 см в составе торфа наблюдается явное доминирование сфагновых мхов, включая представителей секции Palustre, а также *Sphagnum teres* и *S. obtusum*, образующих сфагновый низинный торф. Травяно-сфагновый низинный торф (R = 25%) залегает на глубине 535–580 см. В составе трав появляются папоротники, осоки и камыш. На этом этапе развития болота скорость прироста торфа составляет 1,5 мм/год (рис. 2, *в*).

На глубине 400–535 см залежь сформирована шейхцериевым или шейхцериево-сфагновым низинными торфами. Увеличение обилия сфагнов зарегистрировано на глубине 370–390 см. Чередование сфагнового и шейхцериево-сфагнового торфов наблюдается на глубине до 250 см (R = 25–30%). В этот период скорость прироста торфа увеличивается до 4,4 мм/год.

На глубине 100–250 см образован травяно-сфагновый низинный торф, который характеризуется наличием *Carex lasiocarpa*, *Comarum palustre*, *Typha* sp., *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum* sp., *Sphagnum teres*, *S. subsecundum* и *S. obtusum*. Такой торф образовался 300–500 лет назад. Степень разложения торфа меняется незначительно (R = 20–25%), и скорость вертикального прироста торфа сохраняется высокой (7,3 мм/год). Травяно-сфагновый торф сохраняется на глубине 90–100 см, а затем сменяется осоково-сфагновым низинным (R = 15–20%), поскольку участие осок (*Carex lasiocarpa, C. rostrata)* увеличивается до 25%. При этом состав мохового яруса остается прежним. Этот вид торфа образовался около 300 лет назад.

В составе сфагнового низинного торфа (R = 10–15%) на глубине 50–70 см появляются *Oxycoccus palustris, Eriophorum* sp., *Sphagnum angustifolium*, *S. fallax*. На глубине 40–50 см в торфе обнаружены остатки *Sphagnum magellanicum* и, редко, *S. fuscum*. Среди трав сохраняют присутствие осоки (*C. lasiocarpa*), сабельник, вахта, хвощ. Сформированный травяно-сфагновый переходный торф имеет низкую степень разложения (R = 15%).

Верхние горизонты торфяной залежи (0–40 см) представлены сфагновым верховым торфом со степенью разложения 5–10%. В составе торфа высоко обилие *S. fuscum* (25–30%) и *S. magellanicum* (15–40%), присутствуют осоки, пушица, клюква. Возраст верхового торфа менее 100 лет. Верхние горизонты торфа «прирастали» со скоростью 2,7 мм/год.

Таким образом, стабильность экологических условий в процессе развития болота Быковка способствовала формированию целостной торфяной залежи, в составе которой доминируют низинные торфа. Однако наличие на дне понижения озерных отложений свидетельствует об «озерном» периоде развития депрессии. Около 3000 лет назад озеро обмелело, что может быть связано со снижением уровня грунтовых вод в регионе. Это подтверждается археологическими изысканиями в бассейне р. Упа (Столяров, 2013). Начало «болотного» периода сопровождалось поселением древесных пород (ивы) на дне понижения в условиях умеренного увлажнения. В дальнейшем выклинивающиеся грунтовые и стекающие поверхностные воды способствовали постепенному накоплению влаги в понижении. Это привело к выпадению древесных пород, доминированию трав и гипновых мхов, требовательных к трофности питающих вод.

Предварительные данные спорово-пыльцевого анализа свидетельствуют о том, что 2300–3000 лет назад болото было окружено широколиственным лесом с высоким участием липы. Следов антропогенного воздействия не обнаружено. Стекающие в понижение поверхностные воды имели невысокую минерализацию, что вызвало обеднение водно-минерального питания, а также привело к постепенному увеличению обилия сфагновых мхов и образованию на глубине 6 м сфагнового низинного торфа. Таким образом, I этап развития болота характеризовался чередованием травяных, травяно-гипновых и сфагновых эвтрофных сообществ (рис. 5).

Увеличение трофности питающих вод около 1500 лет назад, что отчасти коррелирует с появлением антропогенных индикаторов в спорово-пыльцевом спектре, привело к формированию эвтрофных травяных и травяно-сфагновых ценозов с участием шейхцерии (II этап). Высокое обводнение болота в этот период способствовало его интенсивному (до 4,3 мм/год) вертикальному приросту. Такое обводнение может быть связано как с усилением поверхностного стока, так и с выклиниванием грунтовых вод. Хотя обводнение не было обильным и не привело к разрыву торфяных отложений, оно увеличило влажность торфа и образовало небольшие «водные прослойки», зарегистрированные при бурении залежи. В спорово-пыльцевой диаграмме обводнение болота отражает пик пыльцы пузырчатки.

Высокое увлажнение и трофность питающих вод сохранились и в последующие этапы развития болота, что подтверждается чередованием сфагнового и травяно-сфагнового низинных торфов. В составе торфов, помимо увеличения доли сфагновых мхов (*Sphagnum teres*, *Sphagnum* секции Palustre), постепенно снижается обилие *Scheuchzeria palustris* (III этап) и увеличивается участие *Carex lasiocarpa* (IV этап) (рис. 5). В таких условиях болото характеризуется интенсивным вертикальным приростом (7,3 мм/год) (рис. 2, *в*).

Постепенное обеднение водно-минерального питания привело к образованию на глубине 50–70 см сфагнового низинного торфа, в составе которого появляются *Oxycoccus palustris, Eriophorum* sp., *Sphagnum angustifolium* и *S. fallax* – виды, менее требовательные к трофности питающих вод. Это свидетельствует о частичном использовании атмосферного питания и переходе к V этапу развития. Расчеты, основанные на интенсивности прироста торфов, показали, что такая смена водно-минерального питания и формирование переходного торфа с участием *Sphagnum magellanicum*, а затем и верхового торфа со *S. fuscum* произошла менее 150 лет назад.

Таким образом, болото Быковка образовалось в начале субатлантического периода и характеризовалось интенсивным ростом, что связано с высоким обводнением понижения. Максимальная скорость торфообразования имела место 370–550 лет назад. Минерализация питающих вод обусловила продолжительную эвтрофную стадию в развитии болота (I–IV этапы). В последние 200 лет вертикальный прирост болота составил 2,6 мм/год, что обеспечило переход на атмосферное питание и формирование мезоолиготрофной растительности (V этап).

Заключение

Проведенное сравнение структуры торфяных отложений и реконструированного генезиса болот, расположенных в Приокском и Засечном болотных районах Тульской обл., свидетельствует о зависимости болотообразовательного процесса от типа подстилающих пород и гидрологического режима территорий.

Болота, сформированные в карстово-суффозионных понижениях на зандровых песках Приокского р-на, характеризуются невысокой скоростью вертикального прироста торфа. Это связано с возможностью дренажа понижения, особенно на ранних этапах развития болота, что способствует аэрации и разложению отмерших растительных остатков. Кроме того, бедность грунтовых и поверхностных вод обусловливает быстрый переход к формированию мезо- и олиготрофной растительности.

В Засечном р-не депрессии карстово-суффозионного происхождения заполняются более минерализованными выклинивающимися грунтовыми и поверхностными водами. Высокая трофность питающих вод способствовала формированию эвтрофной растительности и образованию доминирующих в торфяных залежах низинных торфов. Интенсивное увлажнение обеспечило «сохранность» отмерших растительных остатков и активный прирост торфа. В некоторых случаях обводнение приводит к отрыву торфяных отложений и формированию разорванных залежей. Часто именно наличие сплавины обеспечивает переход к обедненному атмосферному питанию. Подобные сплавинные болота описаны в Тульской и Курской областях (Волкова, 2011; Волкова и др., 2015). На их активный рост указывал Н.С. Камышев (1967).

Начало болотообразовательного процесса в понижениях Приокского и Засечного районов относится к разным периодам голоцена. В Приокском р-не болото Клюква образовалось в бореальном периоде. В Засечном р-не выделены два пика активного заболачивания депрессий. Первый пик относится к атлантическому периоду, когда при отсутствии высокого обводнения депрессии заболачивались, минуя озерную стадию (Волкова, 2010; Zyuganova, Volkova, 2015). Вторая «волна» заболачивания карстово-суффозионных депрессий началась в субатлантический период. Именно в этот период произошло обмеление обводненных понижений (так называемых «карстовых озер»), что способствовало началу заболачивания. Приведенные примеры означают, что в Засечном районе болота в карстово-суффозионных понижениях формировались в разные периоды голоцена, однако именно экосистемы, образовавшиеся в субатлантическую фазу голоцена, характеризуются наличием олиго- и мезотрофных сообществ.

Важно, что болота Приокского и Засечного районов различаются по времени перехода к использованию атмосферного питания. Так, на болоте Клюква формирование мезотрофной растительности началось 7500 лет назад, а переход в олиготрофную стадию произошел около 1000 лет назад. На болотах Кочаки и Быковка, вследствие длительной подпитки минерализованными грунтовыми водами, переход на обедненное водно-минеральное питание произошел недавно – менее 100 лет назад. Следовательно, мезо- и олиготрофный характер растительности этих болот является «молодым».

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что карстово-суффозионные болота, сформированные на южной границе леса в Европейской России, существенно отличаются друг от друга по генезису, что приводит к различиям в структуре торфяных отложений и характере растительности. Основная причина заключается в геолого-гидрологических условиях – подстилающих породах, влияющих на обводненность понижения, и минерализации питающих вод. Состояние окружающих ландшафтов отражается в структуре залежи, но существенного влияния на генезис болот не оказывает.

Работа выполнена при поддержке проекта № 241 проектной части государственного задания в сфере научной деятельности по заданию № 5.241.2014/К. Исследования скоростей накопления торфа выполнены Е.Ю. Новенко в рамках проекта Российского научного фонда № 16-17-10045.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
[REFERENCES]

Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе (под ред. С.Н. Тюремнова). М.; Л., 1959. 230 с. [Atlas rastitel'nykh ostatkov, vstrechaemykh v torfe (pod red. S.N. Tyuremnova). M.; L., 1959. 230 s.].

Археологическая карта России. Тульская область. Ч. 1 (под ред. Ю.А. Краснова). М., 1999. 304 с. [Arkheologicheskaya karta Rossii. Tul'skaya oblast'. Ch. 1 (pod red. Yu.A. Krasnova). M., 1999. 304 s.].

Волкова Е.М. Редкие болота северо-востока Среднерусской возвышенности: растительность и генезис // Бот. журн. 2011. Т. 96. № 12. С. 1575–1590 [*Volkova E.M.* Redkie bolota severo-vostoka Srednerusskoi vozvyshennosti: rastitel'nost' i genezis // Bot. zhurn. 2011. T. 96. № 12. S. 1575–1590].

Волкова Е.М. Заболачивание карстовых и карстово-суффозионнных депрессий на территории Тульской области // Направления исследований в современном болотоведении России (под ред. Т.К. Юрковской). СПб., Тула, 2010. С. 146–163 [*Volkova E.M.* Zabolachivanie karstovykh i karstovo-suffozionnnykh depressii na territorii Tul'skoi oblasti // Napravleniya issledovanii v sovremennom bolotovedenii Rossii (pod red. T.K. Yurkovskoi). SPb., Tula, 2010. S. 146–163].

Волкова Е.М., Полуянов А.В., Золотухин Н.И. О состоянии болотных экосистем Курской области // Мат-лы Межрегион. конф. «Флора и растительность Центрального черноземья-2015», посвященной 80-летию юбилею Центрально-черноземного заповедника (г. Курск, 4 апреля 2015). Курск, 2015. С. 102–109. [*Volkova E.M., Poluyanov A.V., Zolotukhin N.I.* O sostoyanii bolotnykh ekosistem Kurskoi oblasti // Mat-ly Mezhregion. Konf. «Flora i rastitel'nost' Tsentral'nogo Chernozem'ya-2015», posvyashchennoi 80-letiyu yubileyu Tsentral'no-chernozemnogo zapovednika (g. Kursk, 4 aprelya 2015). Kursk, 2015. S. 102–109].

Гвоздецкий Н.А. Карст. М., 1979. 216 с. [*Gvozdetskii N.A.* Karst. M., 1979. 216 s.].

Гребенщикова А.А. К вопросу о развитии болот в карстовых воронках Ивановской области. Советская ботаника. 1939. № 1. С. 117–120 [*Grebenshchikova A.A.* K voprosu o razvitii bolot v karstovykh voronkakh Ivanovskoi oblasti. Sovetskaya botanika. 1939. № 1. S. 117–120].

Дымов В.С., Сычев А.И., Гуркин В.В., Ваулин Л.Л., Никулин В.Я., Пристягин А.Н. Недра Тульской области. Тула, 2000. 124 с. [*Dymov V.S, Sychev A.I., Gurkin V.V., Vaulin L.L., Nikulin V.Ya., Pristyagin A.N.* Nedra Tul'skoi oblasti. Tula, 2000. 124 s.].

Камышев Н.С. Водораздельные сфагновые болота Окско-Донской низменности // Бюл. МОИП. Т. 72. Отд. биол. Вып. 2. 1967. С. 66–75 [*Kamyshev N.S.* Vodorazdel'nye sfagnovye bolota Oksko-Donskoi nizmennosti // Byul. MOIP. T. 72. Otd. biol. Vyp. 2. 1967. S. 66–75].

Кутенков С.А. Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «Korpi» // Тр. КарНЦ РАН. № 6. Сер. Экологические исследования. Петрозаводск, 2013. С. 171–176 [*Kutenkov S.A.* Komp'yuternaya programma dlya postroeniya stratigraficheskikh diagramm sostava torfa «Korpi» // Tr. KarNTs RAN. № 6. Ser. Ekologicheskie issledovaniya. Petrozavodsk, 2013. С. 171–176].

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 [*Novenko E.Yu., Tsyganov A.N.,* *Volkova E.M., Babeshko K.V., Mazei Yu.A.* Dinamika landshaftov i klimata na severo-zapade Srednerusskoi vozvyshennosti v golotsene. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2014. № 6. S. 24–31].

Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Лаврентьев Н.В., Мазей Ю.А. Изменения растительности и климата на северо-западе Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. РАН. Сер. географическая. 2016. № 1. С. 103–114 [*Novenko E.Yu., Tsyganov A.N., Volkova E.M., Babeshko K.V., Lavrent'ev N.V., Mazei Yu.A.* Izmeneniya rastitel'nosti i klimata na severo-zapade Crednerusskoi vozvyshennosti v golotsene // Izv. RAN. Ser. Geograficheskaya. 2016. № 1. S. 103–114].

Носова М.Б., Волкова Е.М. 850-летняя динамика растительности внутренней части лесного массива в пределах «Засечной черты» (зона широколиственных лесов, Тульская область) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2014. Т. 119. Вып. 6. С. 49–56 [*Nosova M.B., Volkova E.M.* 850-letnyaya dinamika rastitel'nosti vnutrennei chasti lesnogo massiva v predelakh «Zasechnoi cherty» (zona shirokolistvennykh lesov, Tul'skaya oblast') // Byul. MOIP Otd. Biol. 2014. T. 119. Vyp. 6. S. 49–56].

Столяров Е.В. Культурные традиции населения бассейна Верхней Оки в эпоху раннего железного века (VI в. до н.э. – I в. н.э.). Дис. … канд. истор. наук. М., 2013. 300 с. [*Stolyarov E.V.* Kul'turnye traditsii naseleniya basseina Verkhnei Oki v epokhu rannego zheleznogo veka (VI v. do n.e. – I v. n.e.). Dis. … kand. istor. nauk. M., 2013. 300 s.].

Хмелев К. Ф. Торфяные болота Центрального Черноземья. Автореф. … докт. биол. наук. Воронеж, 1975. 38 с. [*Khmelev K.F.* Torfyanye bolota Tsentral'nogo Chernozem'ya. Avtoref. … dokt. biol. nauk. Voronezh, 1975. 38 s.].

Чикишев А. Г. Карст Русской равнины. М., 1978 [*Chikishev A.G.* Karst Russkoi ravniny. M., 1978].

Novenko E., Tsyganov A., VolkovaE., BabeshkoK., LavrentievN., PayneR., MazeiYu. The Holocene palaeoenvironmental history of Central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region // Quaternary Research. 2015. Vol. 83. P. 459–468.

Zyuganova I., Volkova E. Palaeoecological evidence for the middle and late Holocene lake-swamp vegetation in the Oka River basin (European Russia) // Book of Abstracts of International Geographical Union Regional Conference Geography, Culture and Society for our Future Earth.17–21 August 2015, Moscow, Russia. P. 138.

Поступила в редакцию / Received 16.03.2016
Принята к публикации / Accepted 31.10.2016

THE DYNAMIC OF DEVELOPMENT OF WATERSHED MIRES ON THE SOUTHERN BOUNDARY OF FOREST VEGETATION IN EUROPEAN RUSSIA

E.M. Volkova[1], *E.Yu. Novenko*[2], *M.B. Nosova*[3], *D.V. Zatsarinnaya*[4]

The article shows the results of study of development of mires in karst-hole depressions with different bedrocks and hydrological regimes. The mires on outwash sands are characterized by low rate of peat formation (0,6 mm/year) and fast changing to oligothrophic stages. Out of moraine and outwash deposits the mires stay for a long time in the eutrophic stage but big water input of the depressions provides a high (up to 7–8 mm/year) rate of peat accumulation. The stages of development of mires and dependence from the state of the surrounding landscapes were shown.

Key words: mire ecosystems, peat deposit, genesis.

Acknowledgement. The research was supported by project № 241, which is a project part of state task in the sphere of scientific activity (the task № 5.241.2014/K). The study of rates of peat accumulation was done by E. Y. Novenko in the project of Russian Scientific Fond № 16-17-10045.

[1] Volkova Elena Mikhailovna, Department of Biology, Tula State University (convallaria@mail.ru); [2] Novenko Elena Yur'evna, Department of physical geography and landscape science, geographical faculty of Moscow State University named after M. V. Lomonosov (lenanov@mail.ru); [3] Nosova Maria Borisovna, the Botanical Garden of Russian Academy of Science (mashanosova@mail.ru); [4] Zatsarinnaya Dina Vladimirovna, the Natural-historical Department of the Tula Regional Local history Museum (dvisloguzova@gmail.ru).