

На правах рукописи



Волкова Елена Михайловна

**БОЛОТА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ:
ГЕНЕЗИС, СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И
ПРИРОДООХРАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

03.02.08 – «Экология (в биологии)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Санкт-Петербург – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Тулский государственный университет»

Научный консультант доктор биологических наук **Кузнецов Олег Леонидович**

Официальные оппоненты: **Лапшина Елена Дмитриевна**, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», главный научный сотрудник

Благовещенский Иван Викторович, доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный университет», профессор

Загирова Светлана Витальевна, доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук», врио заведующей отделом

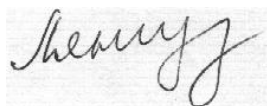
Ведущая организация Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского Федерального исследовательского центра Российской академии наук

Защита состоится 3 октября 2018 г. в 14-00 на заседании диссертационного совета Д 002.211.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ботаническом институте им. В.Л. Комарова Российской академии наук по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2.
Тел.: (812) 372-54-42; факс: (812) 372-54-43, dissovet.d00221102@binran.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук.

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Лянгузова Ирина Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Болотные экосистемы являются важными компонентами ландшафтов разных природных зон Европейской части России, местами обитания редких видов растений, грибов и животных, а также уникальных растительных сообществ, что позволяет рассматривать их как элементы сохранения ландшафтного и биологического разнообразия. Болота играют особую роль в функционировании биосферы, поскольку участвуют в процессе депонирования углерода, регуляции гидрологического режима и др. (IPCC, 2013). Торфяные отложения болот являются своеобразными природными «архивами», позволяющими изучать и реконструировать состояние ландшафтов прошлого, а также служат индикаторами современного экологического состояния окружающих территорий. Разнообразие и функции болот достаточно хорошо изучены в таежной зоне. Сведения о болотах, расположенных в зонах широколиственных лесов и лесостепи, крайне малочисленны.

Одним из регионов, расположенных на границе указанных природных зон, является Среднерусская возвышенность, которая, в силу комплекса физико-географических факторов, характеризуется низкой заболоченностью (Хмелев, 1975, 1985; Торфяные болота..., 2001). Болота данной территории являются объектами многоплановых исследований уже более века (Сукачев, 1903, 1906; Пьявченко, 1953, 1958; Камышев, 1974; Хмелев, 1975, 1985; Попова, 1998, 2002; Волкова, 2010, 2011; Полуянов, Дегтерев, 2014; Зацаринная, 2015; Volkova, 2010; др.). Тем не менее, до настоящего времени фрагментарны сведения о генезисе болотных экосистем региона, составе и структуре растительного покрова, свойствах торфяных отложений, малочисленна информация по оценке особенностей функционирования болот в данных природных условиях. В результате, для исследуемого региона отсутствует система представлений о флористическом и фитоценотическом богатстве, разнообразии строения торфяных залежей и типах болот. Проведение инвентаризации и комплексное исследование болотных экосистем Среднерусской возвышенности позволяют не только восполнить имеющиеся «пробелы», но и на современном уровне оценить состояние, роль и значение болот.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является выявление структурно-функциональных особенностей и закономерностей генезиса болотных экосистем Среднерусской возвышенности на основе комплексного изучения растительного покрова, торфяных отложений и экологических особенностей.

Для реализации данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести оценку разнообразия флоры сосудистых растений и мохообразных на болотах Среднерусской возвышенности.
2. Изучить ценотическое разнообразие болот, разработать классификацию растительных сообществ на основе эколого-фитоценотического подхода, выявить экологические факторы, обеспечивающие формирование выделенных синтаксонов.
3. Изучить свойства торфов и стратиграфию торфяных залежей болот Среднерусской возвышенности, выявить их специфику в регионе.
4. Реконструировать генезис и выявить особенности динамики болотных экосистем в разных геоморфологических условиях.
5. Разработать геоморфолого-фитоценотическую классификацию типов болот, определить особенности их распространения и провести районирование территории Среднерусской возвышенности.
6. Разработать критерии оценки природоохранной значимости болот, выявить типы болот, нуждающиеся в охране на территории Среднерусской возвышенности.

Научная новизна и теоретическое значение работы. Исследования, представленные в работе, направлены на решение фундаментальной проблемы оценки биосферной роли болотных экосистем в слабозаболоченных регионах (на примере Среднерусской возвышенности).

Впервые на основе обширного фактического материала установлен состав флоры сосудистых растений и мохообразных, произрастающих на болотах, выявлены редкие и нуждающиеся в охране виды растений, обнаружены новые виды для областей исследуемой территории. Выполнен анализ парциальной флоры и флороценотического комплекса болот Среднерусской возвышенности, что важно для понимания процессов формирования флоры на болотах исследуемого региона.

Впервые на достаточно детальном уровне разработана эколого-фитоценотическая классификация растительности болот Среднерусской возвышенности. Для каждого выделенного синтаксона приводится характеристика видового богатства, структуры и экологических параметров биотопов. Выявлена зависимость между характером растительного покрова болот и гидролого-гидрохимическими показателями болотных вод (динамика уровня залегания болотных вод, минерализация). Особенности комбинации растительных сообществ при разном водно-минеральном питании позволили выявить отличия в горизонтальной структуре растительности болот.

На основании результатов ботанического анализа выявлено разнообразие видов торфа. Отличия торфяных залежей по составу слагающих торфов позволили разработать динамическую классификацию торфяных залежей болот, которая отражает особенности развития болотных экосистем в разных гидролого-геоморфологических условиях.

Для болот, сформированных на разных геоморфологических уровнях, впервые реконструированы этапы их генезиса. Выявлены отличия во времени начала болотообразовательного процесса, скорости торфонакопления и последовательности смен палеосообществ в ходе развития болот.

Впервые разработана классификация типов болот Среднерусской возвышенности, основанная на их геоморфологическом положении с учетом горизонтальной структуры растительности и строения торфяных залежей. Особенности географического распространения разных типов болот, обусловленные разнообразием геолого-гидрологических особенностей, позволили впервые провести болотное районирование всей территории Среднерусской возвышенности.

Разработаны критерии оценки природоохранной значимости типов болот, основанные на особенностях их распространения, разнообразии растительного покрова, степени сохранности торфяных отложений, культурно-рекреационной и научной ценности болот. На основании этого выделены типы болот, которые в первую очередь должны входить в систему ООПТ регионов.

Практическое значение работы. Полученные материалы, отражающие разнообразие и структурно-функциональные особенности болотных экосистем Среднерусской возвышенности, послужат научной основой при разработке программ по сохранению биоразнообразия региона путем расширения сети ООПТ, организации мониторинга ценопопуляций редких видов и сообществ. Материалы по редким видам растений будут использованы в изданиях региональных Красных книг.

Результаты диссертационной работы включены в лекционные курсы кафедры биологии Тульского государственного университета.

Исследования проводились при поддержке грантов РФФИ № 13-05-97513 - р_центр а, 14-04-01568-а, 11-05-00557-а, 11-04-97538-р_центр_а, 02-04-96011-р_центр_а, частично – в ходе реализации российско-голландского проекта NL 1163.001 Promoting integrated peatlands management and conservation in the Russian Federation (в рамках проекта WWF206/RU005634/GLM – Разработка информационной основы для интеграции торфяных болот Тульской области в экологическую сеть), а также при поддержке Проекта № 241 проектной части государственного задания в сфере научной деятельности по заданию № 5.241.2014/К.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Флора болот Среднерусской возвышенности характеризуется высоким разнообразием, что обусловлено комплексом биогеографических и геолого-геоморфологических факторов. Это определяет значительную специфику структуры флоры сосудистых растений и мохообразных на болотах региона по сравнению с болотами таежной зоны.
2. Разработанная эколого-фитоценотическая классификация растительности свидетельствует о высоком ценотическом разнообразии болотных экосистем Среднерусской возвышенности, представленных 44 ассоциациями, относящимися к 5 типам растительности. Доминирующими в регионе являются растительные сообщества эвтрофных формаций (26 ассоциаций).
3. Типы генезиса и динамические ряды развития болотных экосистем определяются геоморфологическими условиями их залегания и гидролого-гидрохимическим режимом питания. Возраст, интенсивность болотообразовательного процесса, спектр стадий и этапов развития болот специфичны для крупных геоморфологических выделов.
4. Разнообразие болот Среднерусской возвышенности отражает геоморфолого-фитоценотическая классификация, учитывающая положение в рельефе, особенности генезиса, стратиграфии торфяных залежей и современной растительности. Распространение болот разных типов является основой для болотного районирования территории.
5. Несмотря на низкую заболоченность Среднерусской возвышенности, болота играют важную роль в сохранении флористического и фитоценотического разнообразия региона, что свидетельствует об их высокой природоохранной значимости.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на всероссийских и международных конференциях, симпозиумах и съездах: VIII и IX Галкинские чтения (2017, 2018), полевой семинар с элементами научной школы «Гидробиологические исследования болот» (пос. Борок, Ярославская область, 2017), международный симпозиум «Болота Северной Европы: разнообразие, динамика и рациональное использование» (Петрозаводск, 2015), третья международная научно-практическая конференция «Проблемы изучения и использования торфяных ресурсов Сибири» (Томск, 2015), V всероссийская геоботаническая школа-конференция с международным участием (Санкт-Петербург, 2015), II и III международный научный семинар «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» (Минск, 2009, 2015), международная конференция Русского Географического общества «Geography, Culture And Society For Our Future Earth» (Москва, 2015), всероссийская научная конференция «Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам» (Киров, 2015), межрегиональная конференция «Флора и растительность Центрального Черноземья» (Курск, 2015, 2017), международная научная конференция «Растительность Восточной Европы и Северной Азии» (Брянск, 2014), всероссийская научная конференция с международным участием «Прошлое, современное состояние и прогноз развития географических систем»

(Киров, 2014), XIII съезд Русского ботанического общества и конференция «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (Тольятти, 2013), всероссийская конференция «Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: историко-культурные и природные территории» (Тула, 2013), IV всероссийская школа-конференция «Актуальные проблемы геоботаники» (Уфа, 2012), всероссийская научно-практическая конференция «Болотные экосистемы: фундаментальные аспекты охраны и рационального природопользования» (Йошкар-Ола, 2012), всероссийская конференция «Болота и биосфера» (Томск, 2003, 2006, 2012), всероссийская научная конференция с международным участием «Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы» (Санкт-Петербург, 2011), третье всероссийское совещание (с международным участием) «Торфяные болота России: актуальные проблемы сохранения и рационального использования» (Москва-Тверь, 2010), всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная памяти Л.В. Бардунова (Иркутск, 2010), научная конференция «География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов» (Пушино, 2010), международная научная конференция «Растительность Восточной Европы: классификация, экология и охрана» (Брянск, 2009), международная научная конференция «Мониторинг и оценка состояния растительного покрова» (Минск – Нарочь, 2008), XII съезд Русского ботанического общества и всероссийская конференция «Фундаментальные проблемы ботаники в начале XXI века» (Петрозаводск, 2008), XII всероссийская научная конференция «Вопросы археологии, истории, культуры и природы Верхнего Поочья» (Калуга, 2005, 2007), International Conference «Man and environment in boreal forest zone: past, present, future» (Центрально-лесной заповедник, Тверская область, 2008), международная конференция «West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present» (Ханты-Мансийск, 2007), третья всероссийская школа-конференция «Актуальные проблемы геоботаники» (Петрозаводск, 2007), Symposium of the International Mire Conservation Group (Таммелла, Финляндия, 2006), а также на других конференциях, совещаниях, заседаниях секции болотоведения РБО, кафедры биологии ТулГУ.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом 20-летних исследований автора, проводимых на базе кафедры ботаники Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого и кафедры биологии Тульского государственного университета. Автору принадлежит постановка цели и задач исследования, разработка программы и непосредственное участие в ее реализации на всех этапах, включая организацию экспедиционных работ, определение гербарных сборов, обработку геоботанических описаний, проведение ботанического анализа торфа. Автором лично выполнено 1283 геоботанических описания и проанализировано около 3000 образцов торфа, а также проведено обобщение литературных и полученных экспериментальных данных, разработаны классификации растительности, торфов, торфяных залежей и типов болот, сформулированы научные положения работы и выводы.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 150 печатных работ в отечественных и зарубежных изданиях, включая 27 статей в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ, из которых 4 статьи в иностранных рецензируемых журналах (база Scopus), 2 монографии в соавторстве, методическое пособие по изучению болотных экосистем, а также публикации в прочих изданиях, сборниках и материалах конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 9 глав, выводов, списка литературы (666 наименований, из которых 103 на иностранном языке) и 3-х приложений.

Работа изложена на 453 страницах текста (основной текст – 403 страницы) и содержит 86 рисунков и 31 таблицу.

Благодарности. Автор выражает бесконечную благодарность своему научному консультанту О.Л. Кузнецову за ценные советы и всестороннюю помощь при написании диссертации. Автор искренне благодарен Т.К. Юрковской (БИН им. В.А. Комарова РАН) и В.А. Алферову (ТулГУ) за поддержку на всех этапах работы. Автор благодарит Е.Ю. Новенко, А.В. Ольчева, А.А. Сирина, Т.Ю. Минаеву, А.В. Полуянова, Е.А. Игнатову, М.А. Бойчук, В.В. Телеганову, Н.В. Стойкину, Н.И. Золотухина, М.Б. Носову, О.В. Чередниченко, О.М. Пригоряну, Л.Л. Киселеву, М.Н. Абадонову, Ю.Э. Шубину, Е.А. Стародубцеву, А.С. Шаповалова, Ю.А. Семенищенкова, А.Ф. Лакомова, О.В. Бурову, Е.А. Горскую, особо – Д.В. Зацаринную, И.В. Розову, студентов ТГПУ им. Л.Н. Толстого и ТулГУ за помощь в работе.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ И ОСОБЕННОСТИ БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.

1.1. Физико-географические условия региона исследования

Среднерусская возвышенность располагается в центре Восточно-Европейской равнины и является водоразделом бассейнов рек Дона и Днепра. Протяженность Среднерусской возвышенности около 1000 км, ширина до 500 км, средние высотные отметки 200-250 м. На севере границей служит широкая долина Оки, включающая ее притоки Жиздру и Вытебеть. На востоке границу возвышенности можно провести по правому крутому берегу Дона, совпадающему со склонами возвышенности. С запада Среднерусскую возвышенность окаймляет Приднепровская низменность. Южная граница проходит по долине р. Северский Донец (рис. 1).

В разделе приводится подробная характеристика физико-географических условий Среднерусской возвышенности, а именно – геологическое строение, геоморфологические особенности, гидрография и гидрогеология, климат, почвенный и растительный покров. Рассмотрены особенности флоры региона, детально описаны черты зональной и аazonальной растительности. По геоботаническому районированию Европейской части России (Растительность..., 1980), исследуемая территория входит в состав Среднерусской подпровинции Восточноевропейской провинции Европейской широколиственнолесной области (северная часть возвышенности), Среднерусской подпровинции Восточноевропейской лесостепной провинции и Среднедонской подпровинции Причерноморской провинции Евразийской степной области (южная часть). Подчеркивается, что современное состояние флоры, разнообразие зональных и аazonальных сообществ являются следствием истории формирования растительного покрова и антропогенного воздействия.

Проведенный анализ природных условий позволил выявить тренд изменения геологических, геоморфологических, гидрологических, климатических, почвенных и растительных условий с севера и северо-запада Среднерусской возвышенности на юг и юго-восток. Такое изменение комплекса абиотических показателей и состояния растительного покрова отражено в физико-географическом и ботанико-географическом районированиях территории (Физико-географическое..., 1961; Камышев, 1964; Федотов, Васильев, 1979; Шереметьева, 1999).

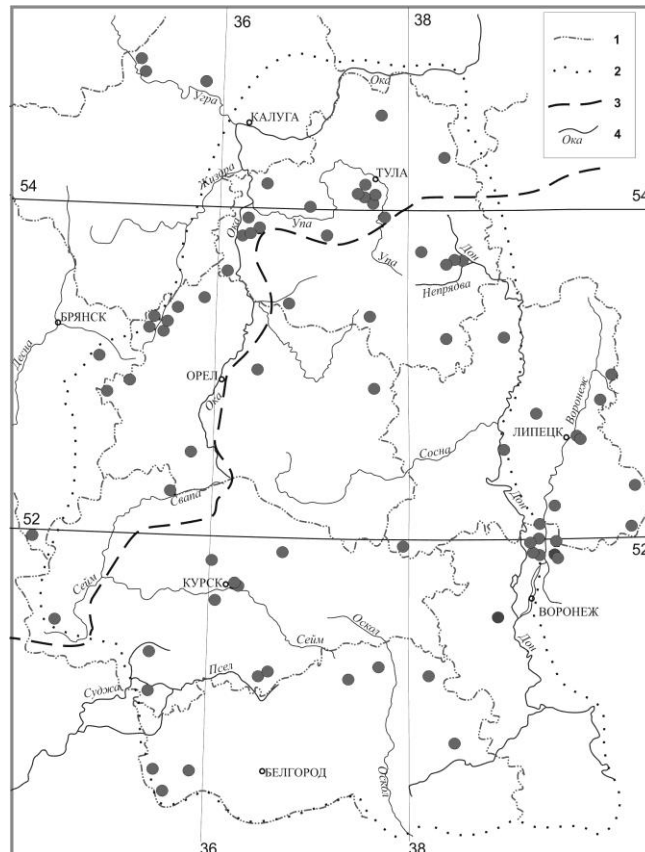


Рис.1. Географическое положение точек исследования болотных экосистем Среднерусской возвышенности.

Условные знаки: 1 – граница Российской Федерации, 2 – граница Среднерусской возвышенности, 3 – граница широколиственно-лесной и лесостепной природных зон, 4 – реки.

Данное исследование проводили на территориях 4-х областей, которые полностью располагаются на Среднерусской возвышенности (Тульская, Орловская, Курская, Белгородская), и 4-х областей, которые находятся как на исследуемой, так и на сопредельных территориях (Липецкая, Воронежская, Калужская и Брянская).

1.2. Основные черты болотообразовательного процесса на Среднерусской возвышенности

Комплекс физико-географических особенностей Среднерусской возвышенности не способствовал интенсивному болотообразовательному процессу. Основными причинами этого являются водопроницаемые породы, расчлененный рельеф, глубоко залегающие грунтовые воды и интенсивное испарение, что обеспечивает низкую заболоченность территории – менее 1-2% (Хмелев, 1985; Торфяные ресурсы..., 2000). Проведенный в ходе данного исследования детальный анализ распространения болот в регионе показал, что они занимают на Среднерусской возвышенности 0,5 %. Несмотря на столь низкое значение, данный показатель варьирует в разных ландшафтах. Так, северные и северо-западные окраины характеризуются наличием мощных зандровых песчано-глинистых отложений, что, наряду с близким залеганием грунтовых вод, обеспечивает более активное развитие болотообразовательного процесса в депрессиях речных долин (болота занимают 1,5% территории). Наиболее низкая заболоченность отмечена на водоразделах в центральной части возвышенности – все-

го 0,01% (Волкова, 2011), что обусловлено особенностями рельефа и близким залеганием коренных водопроницаемых пород.

На разных геоморфологических уровнях ландшафтов вероятность возникновения болот различна. Стабильность увлажнения аллювиальными водами является причиной интенсивного заболачивания пойм. Активное образование пойменных болот происходит в юго-западной части Среднерусской возвышенности. Поймы рек бассейнов Оки и Дона заболочены в меньшей степени, поскольку представлены на Среднерусской возвышенности верховьями. Однако в среднем течении Дон имеет широкую пойму, которая характеризуется развитием обширных эвтрофных травяных болот.

Террасные болота встречаются реже, они приурочены к песчаным отложениям долин Оки, Сейма, Свапы, Псла, Воронежа и Усмани. Формирование болот связано с депрессиями суффозионного происхождения, возникающими на террасах. Водоразделы также слабо заболочены. Здесь болота образуются в депрессиях карстово-суффозионного происхождения.

Таким образом, на Среднерусской возвышенности и сопредельных с ней территориях формируются разные типы болот, что нашло отражение в болотных районированиях изучаемой территории или ее отдельных частей (Пьявченко, 1958; Кац, 1971; Хмелев, 1975; Боч, Мазинг, 1979; Волкова, 2011). Однако, до настоящего времени Среднерусская возвышенность в своих естественных границах не рассматривалась как самостоятельный регион с точки зрения болотообразовательного процесса. Это не позволяло оценить разнообразие болотных экосистем, особенности их возникновения, развития и современного состояния, что определяет актуальность проведения подобных исследований.

1.3. История изучения болот

В разделе кратко освещаются направления исследований болотных экосистем Среднерусской возвышенности, проводимые в ее разных частях. В 18-19 веках болота рассматривали как компонент растительного покрова и местообитания редких видов (Цингер, 1893; Круббер, 1900; Хитрово, 1903, 1905; Флеров, 1908; Алехин, 1926; Арсеньев, 1928). Изучение болот, как природных экосистем, связано с работами В.Н. Сукачева (1903, 1906), которые впоследствии были продолжены В.Н. Хитрово (1923, 1925), В.В. Алехиным (1926), Е.М. Лавренко (1940), Н.И. Пьявченко (1953, 1958), Н.С. Камышевым (1967, 1972, 1974), К.Ф. Хмелевым (1974, 1975, 1976, 1985, 2000) и др.

Интерес к болотам как источнику торфа, возникший вначале в послереволюционное, а затем – в послевоенное время, способствовал проведению геологоразведочных работ в регионах, составлению карт и кадастров торфяных фондов, что сопровождалось изучением растительного покрова и свойств торфяных отложений. Однако, именно освоение торфяных месторождений явилось причиной деградации и уничтожения многих болотных экосистем в Курской, Тульской, Орловской, Липецкой и Воронежской областях.

Новый этап изучения болот Среднерусской возвышенности, начатый в 80-ых годах, подтвердил разнообразие и значительную специфику их флоры (Казакова и др., 1996; Золотухин и др., 2001; Попова, 2002; Киселева и др., 2008; Шереметьева и др., 2008; Хлызова, 2008; Щербаков, 1999, 2010; Полуянов, 2013; др.). Это послужило основой для отнесения ряда болот в категорию «особо охраняемых природных территорий» региональных уровней.

Разнообразие растительных сообществ болот классифицировали с применением различных подходов. Значительная часть обобщений основана на эколого-фитоценотической классификации (Пешкова, 1968, 1971; Захарова, 1972, 1976; Хмелев, 1975, 1985; Зацаринная, Волкова, 2012; Зацаринная, 2015). В последние годы активно развивается эколого-

флористический подход, основанный на принципах школы Браун-Бланке (Аверинова, 2010; Полуянов, Аверинова, 2012; Смагин, Волкова, 2012; Волкова, Смагин, Абадонова, 2015; др.).

Экологические параметры функционирования болот и конкретных растительных сообществ оценивали по динамике уровня залегания и минерализации болотных вод, а также по химическому составу питающих вод на некоторых болотах Воронежской, Липецкой и Тульской областей (Хмелев, 1971, 1978, 1985; Зацаринная и др., 2011, 2012, 2013, 2014; Зацаринная, 2015).

Таким образом, различные направления и подходы к изучению болот Среднерусской возвышенности позволили выявить специфику их флоры, растительности и особенностей функционирования. Однако исследования носили, преимущественно, фрагментарный и локальный характер, часто не затрагивали все регионы указанной территории. По этой причине отсутствует целостное представление о разнообразии, структурно-функциональных особенностях и динамике болотных экосистем Среднерусской возвышенности.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Болота характеризуются сложной, многоуровневой организацией, что определяет необходимость комплексного подхода к изучению их структуры, свойств и функционирования. Существуют многочисленные определения понятия «болото» (Аболин, 1914; Дубах, 1936; Кац, 1941; Галкина, 1955; Ниценко, 1967; Пьявченко, 1974; др.). Автором болото рассматривается как группа взаимосвязанных биогеоценозов, характеризующихся постоянным или длительным обильным увлажнением, специфической влаголюбивой растительностью и торфообразованием (Богдановская-Гиенэф, 1946; Юрковская, 1992).

Сложная организация болот позволяет выделять структурные единицы разной размерности: болотные микро-, мезо- и макроландшафты (Галкина, 1959), синонимами которых являются болотные участки (фации), болотные массивы и болотные системы (Мазинг, 1974; Юрковская, 1992). На каждом из уровней организации объекты и методы изучения будут разными (Боч, Мазинг, 1979; Лапшина, 2004; Кузнецов, 2006). Исследование болотных экосистем Среднерусской возвышенности проводилось на следующих уровнях:

- внутриценотическом – изучение видового состава и пространственной структуры растительных сообществ болот, включая популяции видов, их экологические особенности; итогом является выявленная флора болот и ее анализ;
- ценотическом – изучение разнообразия растительных сообществ болот, экология их биотопов; итогом является классификация растительности болот;
- биогеоценотическом – изучение особенностей функционирования болотных экосистем, структура растительного покрова, строение торфяных отложений; итогом является дифференциация болот по структуре растительности, типам торфяных залежей и направлениям генезиса в различных геоморфологических условиях;
- ландшафтно-типологическом – изучение разнообразия болотных участков, болотных массивов (типов болот) или их систем; итогом является типология болот;
- региональном (субрегиональном) – изучение распространения типов болот в разных регионах изучаемой территории; итогом является болотное районирование Среднерусской возвышенности.

Организация работ по изучению болотных экосистем на разных уровнях, начатая в 2000 году, включала полевые (маршрутные и полустационарные) и камеральные (лабораторные) исследования, организованные лично автором и реализованные при непосредственном

участии. Полевые исследования были проведены во всех регионах (областях) изучаемой территории в период 2000-2016 гг. Объектами исследования послужили 276 болотных массивов, которые сформированы в разных геоморфологических условиях и охватывают все разнообразие болот региона. В ходе полустационарных наблюдений на модельных объектах изучали сезонную и разногодичную динамику гидрологических и гидрохимических показателей, а также процессы эмиссии и депонирования углекислого газа.

Камеральные исследования включали обработку флористических и геоботанических описаний, анализ флоры, разработку классификаций растительности, торфов, торфяных залежей и типов болот, а также изучение ботанического состава и степени разложения торфов для реконструкции генезиса и палеоэкологических особенностей болотных экосистем. В ходе лабораторных исследований изучен ряд химических и микробиологических показателей торфа, а также выполнен химический анализ болотных вод.

На основании результатов комплексного изучения структурно-функциональных особенностей болот проводили оценку природоохранной ценности растительных сообществ (Мартыненко и др., 2015), а также разрабатывали критерии природоохранной значимости типов болот.

Флора. Изучение флоры болот Среднерусской возвышенности проводили в ходе полевых исследований, сопровождающихся геоботаническими описаниями и сбором гербария. При составлении флористических списков также учитывали сведения о региональных флорах сосудистых растений (Казакова и др., 1996; Золотухин и др., 2001; Еленевский и др., 2004; Полуянов, 2005; Решетникова и др., 2005; Шереметьева и др., 2008; Щербаков, 2010; Абадонова, 2010; др.) и мохообразных (Попова, 2002, др.), а также материалы ряда гербариев России (MW, МНА, НМNR). Названия сосудистых растений даны по С.К. Черепанову (1995); мохообразных – по М.С. Игнатову (Ignatov et al., 2006).

Оценку разнообразия флоры болот и ее анализ проводили на разных этапах. На первом этапе был составлен список видов, произрастающих как на трансформированных, так и на ненарушенных болотах. На втором этапе анализировали флору ненарушенных болот, которую рассматривали в качестве парциальной флоры болот Среднерусской возвышенности (Камелин, 2017). Затем провели оценку видов сосудистых растений и мохообразных с учетом их верности болотным биотопам, что позволило выделить флороценотический комплекс или «ядро» болотной флоры сосудистых растений и бриофлоры. Как парциальную флору, так и флороценотический комплекс сосудистых растений и мохообразных анализировали с позиций систематического, биоморфологического, эколого-ценотического, географического подходов (Юрцев, 1968; Булохов, Соломещ, 2003). Для выявления сходства флор сосудистых растений и мохообразных различных областей применяли коэффициент Жаккара. В составе анализируемых флор указывали долю редких и охраняемых видов.

Растительность. Геоботанические описания были выполнены лично автором по стандартной методике (Полевая геоботаника, 1964; Программа и методика..., 1966). Описания проводили на пробных площадях размером 100-400 кв. м. или в пределах фитоценоза. Всего было выполнено 1283 описания, которые внесены в электронную базу данных в формате MS Excel.

Классификация болотной растительности проведена на основе эколого-фитоценотического подхода (Цинзерлинг, 1938; Юрковская, 1992, 1993, 1995). При разработке классификации использовано 855 описаний. Основной единицей классификации являлась ассоциация. Для каждой ассоциации были выделены виды с наиболее высоким постоянством (III-V), рассматриваемые в качестве диагностических видов (Кузнецов, 2006). Помимо

этого, к диагностическим также относили доминирующие виды. Для каждого синтаксона было определено видовое богатство и средняя видовая насыщенность сообществ.

Ассоциации называли по доминирующим видам в каждом ярусе. Субассоциации выделяли на основании отличий в постоянстве и обилии отдельных видов травяного или мохового ярусов. При наличии в ассоциации нескольких субассоциаций она была названа по наиболее типичной (Кузнецов, 2006). Ассоциации объединены в формации. Следующими ступенями классификации являются группы формаций и типы растительности.

Кластерный анализ и ординацию выделенных синтаксонов (ассоциаций) проводили на основе бестрендового анализа соответствия – DCA (Hill, Gauch, 1980) с применением программы PC-ORD for Windows v. 4.01. В качестве исходных данных использовали постоянство видов (Кузнецов, 2006). Для интерпретации распределения синтаксонов в экологическом пространстве на ординационной диаграмме использовали экологические шкалы Д.Н. Цыганова (1983).

Разнообразие структуры растительности болотных массивов отражено при картировании с помощью площадной глазомерной съемки (Полевая геоботаника, 1972). Карты растительности болот выполнены в программе CorelDraw.

Экологические параметры биотопов. При описании растительных сообществ характеризовали особенности микрорельефа, определяли уровень залегания и свойства болотных вод (рН, минерализация) во временных колодцах при помощи рН-метр-кондуктометра Combo «Hanna». При полустационарных гидролого-гидрохимических наблюдениях в модельных биотопах в торфяную залежь по общепринятой методике (Вомперский и др., 1988, Наставление..., 1990) были установлены трубки. Для измерения рН и минерализации болотных вод из трубок отбирали образец воды и при помощи рН-метр-кондуктометра определяли показатели. Содержание кислорода в болотных водах определяли при помощи оксиметра Milwaukee-600 путем опускания электрода в трубку. Частота наблюдения за указанными показателями составляла 1-2 раза в неделю в течение вегетационных сезонов (май – сентябрь) нескольких лет.

Для изучения катионно-анионного состава болотных вод из постоянных или временных колодцев были отобраны пробы воды. Анализ проб воды проводили по соответствующим нормативным документам (ГОСТ Р 52963-2008, ПНД Ф 14.1.:2.50-96, ПНДФ 14.1:2:4.167-2000, ПНД Ф 14.1:2:4.157-99).

Торфяная залежь и свойства торфов. При изучении структуры торфяных отложений проводили бурение залежи при помощи торфяного бура конструкции Инсторфа. На основании зондирования торфяной залежи (шаг – 10 м) выявляли максимальную глубину в точке, являющейся «генетическим центром» болота. В этой точке проводили послойный отбор образцов торфа (каждые 10 см либо по мере изменения морфологических показателей торфа). В образцах определяли степень разложения (%) и состав растительных остатков (Атлас..., 1959) микроскопическим методом. На основании результатов ботанического анализа были определены виды/типы торфов, слагающие залежи болот. Всего проанализировано более 3000 образцов торфов из 170 стратиграфических колонок. Все образцы были проанализированы автором лично. Построенные стратиграфические диаграммы ботанического состава колонок торфяных отложений в программе «Corti» (Кутенков, 2013) позволили реконструировать этапы развития болот. В некоторых образцах торфа определяли водно-физические, химические показатели (Аринушкина, 1970; Лиштван, Король, 1975; Добровольский, 2001; Волкова, 2009; др.), а также численность грибных и бактериальных диаспор (Методы..., 1991; Полянская, 1996).

Для определения времени начала болотообразовательного процесса, возраста конкретных палеосообществ, а также скорости прироста торфов проведено определение абсолютно-го возраста более 100 торфяных образцов в Радиоуглеродной лаборатории Института географии РАН (Москва). Полученные результаты по C^{14} калибровали (Stuiver, Reimer, 1993) и при расчетах вертикального прироста торфяных отложений использовали истинный возраст образцов.

ГЛАВА 3. ФЛОРА БОЛОТ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Флора болот характеризуется сочетанием видов с разными экологическими и цено-тическими требованиями и свойствами, что является следствием сложного генезиса видо-вого состава этих экосистем (Богдановская-Гиенэф, 1946). Наиболее изученными являются флоры болот бореальной зоны (Боч, 1986; Боч, Смагин, 1993; Кузнецов, 1989, 2006; Лапшина, 2010; и др.). В зонах широколиственных лесов и лесостепи видовой состав болот изучен слабее (Хмелев, 1985; Благовещенский, 2006).

3.1. Флора сосудистых растений.

На болотах Среднерусской возвышенности, с учетом антропогенно нарушенных место-обитаний, выявлено 605 видов сосудистых растений, относящихся к 93 семействам. Флора естественных (ненарушенных) болот рассматривается в данной работе как парциальная и она включает 332 вида, относящихся к 71 семейству. В систематическом спектре парциальной флоры доминируют семейства *Syringaceae*, *Roaceae*, *Asteraceae*. Ведущие семейства представ-лены 179 видами, что составляет 54 % и фактически соответствует бореальным флорам (Толмачев, 1974). Парциальная флора болот составляет 10-18% от региональных флор рас-сматриваемых областей и 22-24% от аборигенной составляющей этих флор.

К флороценоотическому комплексу флоры сосудистых растений относятся виды III-V степеней верности болотным биотопам. Таковых насчитывается 109 видов (33% от парци-альной флоры), принадлежащих к 40 семействам. В спектре 10 ведущих семейств представ-лено 66 видов (60,5%). Сохраняется доминирование сем. *Syringaceae*, но увеличивается пред-ставленность *Salicaceae*, *Orchidaceae* и *Ericaceae*. Среди ведущих семейств появляются *Droseraceae*, *Scrophulariaceae* и *Lentibulariaceae*. При этом, снижается доля сем. *Roaceae*, исче-зают *Asteraceae*, *Brassicaceae* и *Onagraceae*.

Географический анализ включает выявление спектра широтных и долготных элемен-тов флоры. Среди широтных элементов как в парциальной флоре болот региона (228 видов), так и во флороценоотическом комплексе (60 видов) доминируют виды полизонального ком-плекса (Алехин, Вальтер, 1936; Булохов, Соломещ, 2003). Высокое участие в составе парци-альной флоры свойственно бореальным видам (24,5%), в «ядре» флоры их доля увеличивается до 39,5%. Сходная тенденция отмечена для арктических и гипоарктических видов, доля которых увеличивается с 1,8% до 4,5%. Участие неморальных и понтических видов, напро-тив, снижается с 5,1% в парциальной флоре до 1,8% во флороценоотическом комплексе.

В спектре долготных геоэлементов доминируют голарктические виды: в парциальной флоре их доля составляет 35,1%, а во флороценоотическом комплексе увеличивается до 48,5%. Как видно, существенной спецификой спектров широтных и долготных геоэлементов флороценоотического комплекса является увеличение долей участия бореальных и голаркти-ческих групп.

Биоморфологический анализ флоры болот проведен с учетом подходов к выделению жизненных форм растений, предложенных И.Г. Серебряковым и К. Раункиером. В соответствии с классификацией И.Г. Серебрякова, в парциальной флоре (89,3%) и в «ядре» (82,7%) преобладают травянистые растения. Из них доминирующей формой являются длиннокорневищные растения (33,8% и 33,6% соответственно). Сравнение спектров жизненных форм растений в парциальной флоре и флороценоотическом комплексе свидетельствует о снижении участия кистекокорневых и стержнекорневых растений, исчезновении наземноползучих видов и увеличении присутствия плотнодерновинных трав, а также кустарничков и кустарников в «ядре» болотной флоры.

С позиции классификации жизненных форм К. Раункиера в парциальной флоре доминирующими являются гемикриптофиты – 58,3%. Группа криптофитов насчитывает 25% видов. Во флороценоотическом комплексе болотной флоры доля гемикриптофитов и криптофитов практически не меняется (60 и 21,8%). Таким образом, флора болот Среднерусской возвышенности характеризуется доминированием многолетних травянистых растений/гемикриптофитов, что сходно с болотными флорами бореальной зоны.

Эколого-ценотический анализ позволил выявить отличия по встречаемости, обилию и участию видов разной экологии в структуре парциальной флоры и флороценоотического комплекса. Так, в структуре парциальной флоры доля лугово-болотных и водно-болотных видов составляет 37 и 23%, луговых и болотных – 8,8 и 8% соответственно, лесные и лесоболотные виды составляют не более 18,5%. Флороценоотический комплекс характеризуется увеличением роли болотных видов до 23,2%. Именно эта группа видов характеризуется высокой встречаемостью и обилием. Лугово-болотные и водно-болотные виды сохраняют свои позиции в структуре «ядра» флоры, но снижается участие лесных, лесоболотных и водных растений.

При проведении экологического анализа флоры сосудистых растений оценивали отношение видов к увлажнению и трофности. Установлено, что в составе парциальной флоры доминируют гидромезофиты – 35,5%, субгидрофиты и мезофиты составляют по 20,8%. Во флороценоотическом комплексе участие указанных групп сходно (28,3-30,3%). Как видно, флора сосудистых растений на болотах Среднерусской возвышенности формируется в гидроморфных условиях, на длительно или временно увлажненных биотопах.

Дифференциация видов по фактору трофности позволила выявить «трофическую структуру» болотной флоры. Для этого, на основе эмпирических данных полевых измерений и с учетом обобщенных сведений по экологии видов с некоторыми корректировками для региона (Ефремова и др., 1998; Шварцев и др., 2002; Зацаринная, 2015) выделено 6 групп болотных растений: олиготрофные, мезоолиготрофные, олигомезотрофные, мезотрофные, мезоэвтрофные и эвтрофные. Показано, что в парциальной флоре сосудистых растений доминируют эвтрофные виды – 231 вид (70%). Доля мезоэвтрофных видов составляет 9,3%. Низкое участие характерно для мезотрофных (4,5%), олигомезотрофных (2,1%), мезоолиготрофных и олиготрофных (по 3%) видов. Во флороценоотическом комплексе болотной флоры сосудистых растений сохраняется доминирование эвтрофных видов, однако их доля ниже – 42%. При этом, увеличивается участие остальных трофических групп: мезоэвтрофные виды – 25,7%, мезотрофные – 11%. Доля мезоолиготрофных видов увеличивается до 9,2%, а олигомезотрофных – до 6,5%. Олиготрофные виды составляют 5,5% «ядра» болотной флоры.

Таким образом, флора сосудистых растений болот Среднерусской возвышенности носит, преимущественно, эвтрофный характер. Важным является наличие, особенно во флоро-

ценотическом комплексе, олиго- и мезотрофных видов, являющихся редкими в регионе и нуждающимися в охране.

3.2. Бриофлора болот.

На болотах мохообразные часто формируют сплошной покров (моховой ярус) и являются эдификаторами ряда растительных сообществ. Проведенные исследования показали, что бриофлора болот Среднерусской возвышенности представлена 136 видами, относящимися к 35 семействам. Среди представителей этой группы наиболее существенную роль играют листостебельные мхи (*Bryophyta*), представленные 122 видами, что составляет 35% от общей бриофлоры региона. К отделу *Herpaticophyta* относятся 14 видов. Как видно, наиболее значительна на болотах роль листостебельных мхов, флора которых детально проанализирована на примере парциальной флоры и флороценотического комплекса.

Систематическая структура бриофлоры болот Среднерусской возвышенности представлена 27 семействами листостебельных мхов. В спектре ведущих семейств парциальной бриофлоры доминирует семейство *Sphagnaceae* (28 видов, 23%), высоким участием характеризуются семейства *Amblystegiaceae*, *Dicranaceae*, *Mniaceae* и *Polytrichaceae*. Флороценотический комплекс бриофлоры болот представлен 71 видом (виды III-V степеней верности), что составляет 58,2% от парциальной бриофлоры. В спектре ведущих семейств насчитывается 59 видов (83%). Сохраняется доминирование семейств *Sphagnaceae* и *Amblystegiaceae*, более высокие позиции занимают семейства *Calliergonaceae* и *Scorpidiaceae*.

Географическая структура бриофлоры проанализирована с учетом сведений об ареалах видов (Лазаренко, 1956; Шляков, 1961; Бардунов, 1974; Маматкулов, 1989). В спектре широтных элементов парциальной флоры и флороценотического комплекса наиболее значительное участие принимают бореальные виды: 45,1% и 47,1% соответственно. Участие неморальных видов в изучаемых компонентах бриофлоры различается более существенно: 15,5% в структуре парциальной флоры и 4,3% во флороценотическом комплексе. Арктоальпийские виды представлены незначительно в составе бриофлоры болот (2,4%; 1,4%).

В спектре долготных геоэлементов парциальной бриофлоры и флороценотического комплекса принципиальных отличий не выявлено. Доминирующую роль играют голарктические виды, составляющие 42-44%. Мультирегиональные биполярные виды составляют 34,4-41,4%. Участие европейских и евроазиатских видов низкое – 1,4-1,6%.

Таким образом, географический анализ болотной бриофлоры подтверждает преобладание бореального голарктического элемента. Спецификой болотной бриофлоры Среднерусской возвышенности является высокая доля неморальных видов, что соответствует биогеографическому положению региона.

Экологическое разнообразие болотной бриофлоры представлено разными эколого-фитоценотическими группами. В структуре парциальной бриофлоры высоким участием характеризуются болотные (34,4%), лесные (27%) и лесо-болотные (19%) виды. Доля лугово-болотных видов составляет 11,5%, а водно-болотных и водных – менее 2%. Во флороценотическом комплексе практически вдвое увеличивается доля болотных (60%), однако снижается участие лесных видов (7%), исчезают водные мхи.

Важной составляющей экологического анализа бриофлоры является соотношение экологических групп мхов по влажности и трофности. По отношению к влажности биотопов в бриофлоре доминируют субгидрофиты. Доля таких видов в составе парциальной бриофлоры составляет 32%, а во флороценотическом комплексе увеличивается до 48,6%. Участие гидромезофитов и мезофитов в парциальной флоре сходно – 27,8 и 25,5%. Однако, во флороце-

нотическом комплексе сокращается представленность мезофитов до 11,5%, снижается участие ксеромезофитов с 4 до 1,4%, исчезают гидрофиты. При этом, отмечено увеличение доли аэрогидрофитов с 9,8 до 15,7%, к которым относятся представители рода *Sphagnum*.

При изучении структуры трофических групп следует отметить изменение требований некоторых видов мохообразных к среде обитания на болотах Среднерусской возвышенности, по сравнению с таежными регионами, что установлено в ходе полевых измерений гидрохимических показателей. На этом основании автором выделены следующие группы для региона: олиготрофные, мезоолиготрофные, олигомезотрофные, мезотрофные, мезоэвтрофные и эвтрофные.

Среди трофических групп доминирующими являются мезоэвтрофные и мезотрофные виды, как в парциальной бриофлоре (39,2 и 26,6%), так и во флороценотическом комплексе (46,4 и 17,4 %). Доля олиготрофных и мезоолиготрофных видов низка, но имеет тенденцию к увеличению во флороценотическом комплексе (до 8,7 и 10%). Участие олигомезотрофных видов различается несущественно (11-13%). Эвтрофные виды также характеризуются низкой представленностью: их доля в парциальной флоре составляет 9,2%, а в «ядре» флоры – 4,3%.

3.3. Обобщенный анализ болотной флоры.

Выявленное видовое разнообразие сосудистых растений (332) и мохообразных (122) во флоре болот Среднерусской возвышенности характеризует соотношение рассматриваемых компонентов как 2,7 : 1. Данный показатель отражает не только доминирующую роль сосудистых растений во флоре болот, что отмечено в других регионах (Боч, Смагин, 1993; Лапшина, 2004; Кузнецов, 2006), но и увеличение этого показателя в парциальной флоре изучаемой территории по сравнению с таежной зоной. Во флороценотическом комплексе болотной флоры представлено 109 видов сосудистых растений и 71 вид мхов. Соотношение этих групп растений составляет 1,5 : 1, что свидетельствует о более высокой роли мохообразных в «ядре» болотной флоры. Тем не менее, сравнение с другими регионами позволяет утверждать, что на болотах Среднерусской возвышенности выше роль сосудистых растений.

Редкие виды во флоре болот. В составе болотной флоры Среднерусской возвышенности представлено 104 вида сосудистых растений и 41 вид мхов, находящихся под охраной и внесенных в «Красные книги» регионов. Помимо этого, на основании собственных полевых исследований, к охране также рекомендуются *Sphagnum compactum* (Воронежская, Курская обл.), *S. cuspidatum* (все регионы, кроме Белгородской обл.), *S. inundatum* (Воронежская обл.), *S. jensenii* (Орловская, Липецкая обл.), *S. majus* (Орловская, Липецкая, Курская обл.), *S. rubellum* (Воронежская обл.). Причинами редкости сосудистых растений и мохообразных является как низкая встречаемость болотных биотопов и вероятность их деградации под влиянием климатических, гидрогеологических и антропогенных факторов, так и нахождение видов у границ ареалов с низкой численностью популяций и слабой способностью к возобновлению. Таким образом, болота Среднерусской возвышенности являются местообитаниями многих редких видов растений, что отражает их роль в сохранении флористического разнообразия.

ГЛАВА 4. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

4.1. Классификация растительности болот

Разнообразие растительности характеризует синтаксономия, которая может быть основана на разных признаках растительных сообществ. Выбор признака или группы признаков

является основным критерием классификации фитоценозов (Braun-Blanquet, 1964; Ниценко, 1971). В главе рассматриваются единицы классификации и принципы выделения ассоциаций с позиций эколого-флористического, эколого-фитоценологического и тополого-экологического подходов, их преимущества и недостатки.

Для оценки разнообразия растительных сообществ болот Среднерусской возвышенности был применен эколого-фитоценологический подход, позволяющий проводить картирование выделенных синтаксонов и организовывать мониторинговые наблюдения.

Результаты исследования показали, что растительность болот относится к следующим типам: древесный, древесно-моховой (обязательным является наличие мохового яруса), кустарниковый, гидрофильно-травяной и гидрофильно-моховой, которые различаются по преобладающим жизненным формам основных эдификаторов (Цинзерлинг, 1938; Юрковская, 1959, 1995; Нешатаев, 2001). В каждом типе растительности выделяли группы формаций по трофности местообитаний. Такой подход позволяет разделять физиономически близкие ассоциации, но развивающиеся в различных условиях водно-минерального питания. Сходство жизненной формы эдификатора являлось основополагающим при отнесении ассоциаций к формациям. В результате, фитоценологическое разнообразие болот Среднерусской возвышенности представлено 44 ассоциациями, включающими 31 субассоциацию и 12 вариантов. Выделено также 10 безранговых сообществ. Все выделенные синтаксоны отнесены к 28 формациям, 9 группам формаций и 5 типам растительности (табл. 1). Ниже приведен продромус растительности болот (с указанием номеров ассоциаций, используемых в дальнейших описаниях, при проведении кластерного анализа и ординации).

Таблица 1.

Продромус растительности болот Среднерусской возвышенности

Синтаксоны	Номер ассоциации
Тип растительности Древесный (Lignetion)	
Г р у п п а формаций – <i>Эвтрофная</i>	
<u>Формация <i>Alneta glutinosae</i></u>	
асс. <i>Alnus glutinosa</i> – <i>Urtica dioica</i>	1
асс. <i>Alnus glutinosa</i> – <i>Athyrium filix-femina</i> + <i>Thelypteris palustris</i>	2
<u>Формация <i>Betuleta pubescens</i></u>	
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Scirpus sylvaticus</i>	3
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Carex vesicaria</i>	4
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Menyanthes trifoliata</i>	5
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Calla palustris</i>	6
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Calamagrostis canescens</i>	7
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Molinia caerulea</i>	8
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Phragmites australis</i>	9
Тип растительности Древесно-моховой (Lignomuscetion)	
Группа формаций – <i>Эвтрофная</i>	
<u>Формация <i>Betuleto</i> – <i>Sphagneta</i></u>	
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Menyanthes trifoliata</i> – <i>Sphagnum riparium</i>	10
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Sphagnum centrale</i>	11
Группа формаций – <i>Мезотрофная</i>	
<u>Формация <i>Betuleto</i> – <i>Sphagneta</i></u>	
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Menyanthes trifoliata</i> + <i>Calla palustris</i> – <i>Sphagnum angustifolium</i> + <i>S. fallax</i>	12
асс. <i>Betula pubescens</i> – <i>Carex lasiocarpa</i> – <i>S. fallax</i>	13

<u>Формация Pineto – Sphagneta</u> асс. Pinus sylvestris – Carex rostrata – Sphagnum fallax	14
Группа формаций – <i>Олиготрофная</i>	
<u>Формация Betuleto – Sphagneta</u> асс. Betula pubescens – Eriophorum vaginatum – S. angustifolium	15
<u>Формация Pineto – Sphagneta</u> асс. Pinus sylvestris – Andromeda polifolia – Sphagnum fallax+ S. magellanicum	16
асс. Pinus sylvestris – Ledum palustre + Eriophorum vaginatum – Sphagnum angustifolium	17
Тип растительности Кустарниковый (Salicetion)	
Группа формаций – <i>Эвтрофная</i>	
<u>Формация Saliceta</u> асс. Salix cinerea – Calla palustris	18
Тип растительности Гидрофильно-травяной (Humido-herbetion)	
Группа формаций – <i>Эвтрофная</i>	
<u>Формация Phragmiteta australis</u> асс. Phragmites australis	19
<u>Формация Scirpeta sylvaticis</u> асс. Scirpus sylvaticus	20
<u>Формация Filipenduleta ulmaria</u> асс. Filipendula ulmaria	21
<u>Формация Calleta palustris</u> асс. Calla palustris	22
<u>Формация Typheta latifoliae</u> асс. Typha latifolia	23
<u>Формация Comareta palustris</u> асс. Comarum palustre	24
<u>Формация Thelypterideta palustris</u> асс. Thelypteris palustris	25
<u>Формация Calamagrostideta canescens</u> асс. Calamagrostis canescens	26
<u>Формация Equiseteta fluviatilis</u> асс. Equisetum fluviatile	27
<u>Формация Cariceta acuta</u> асс. Carex acuta	28
<u>Формация Cariceta vesicaria</u> асс. Carex vesicaria	29
<u>Формация Cariceta pseudocyperus</u> асс. Carex pseudocyperus	30
<u>Формация Cariceta cespitosa</u> асс. Carex cespitosa	31
<u>Формация Cariceta omskiana</u> асс. Carex omskiana	32
Группа формаций – <i>Мезотрофная</i>	
<u>Формация Cariceta lasiocarpa</u> асс. Carex lasiocarpa	33
<u>Формация Cariceta rostrata</u> асс. Carex rostrata	34
Тип растительности Гидрофильно-моховой (Humido-muscetion)	
Группа формаций – <i>Мезотрофная</i>	
<u>Формация Sphagneta teresi</u> асс. Comarum palustre – Sphagnum teres	35
<u>Формация Sphagneta falacis</u>	

асс. Calamagrostis canescens – Sphagnum fallax	36
асс. Carex lasiocarpa – Sphagnum fallax+S. angustifolium	37
<u>Формация Sphagneta angustifoli</u>	
асс. Comarum palustre – Sphagnum angustifolium	38
асс. Molinia caerulea – Sphagnum angustifolium	39
асс. Phragmites australis – Sphagnum angustifolium+S. fallax	40
Группа формаций – Олиготрофная	
<u>Формация Sphagneta angustifoli</u>	
асс. Carex rostrata – Sphagnum angustifolium+S. fallax	41
асс. Rhynchospora alba – Sphagnum angustifolium+S. fallax	42
асс. Chamaedaphne calyculata+Oxycoccus palustris – Sphagnum angustifolium	43
асс. Eriophorum vaginatum – Sphagnum angustifolium	44

Выделенные синтаксоны растительности болот отличаются физиономически, по флористическим показателям, а также по экологическим свойствам местообитаний.

4.2. Характеристика синтаксонов болотной растительности

В разделе приведена характеристика всех выделенных синтаксонов растительности болот Среднерусской возвышенности. Для каждого синтаксона указаны диагностические виды, синонимы и близкие синтаксоны, видовое богатство, видовая насыщенность сообществ, особенности структуры, экологические параметры биотопов, распространение на изучаемой территории. Полные описания синтаксонов представлены в Приложении.

4.3. Синтаксономическое разнообразие болот

Оценка фитоценотического разнообразия растительности болот показала, что максимальное количество ассоциаций (16) характерно для гидрофильно-травяного типа растительности, имеющего обширное распространение. Древесный и древесно-моховой типы растительности характеризуются близким числом ассоциаций (8-9). Из них наиболее редкими для региона являются мезо- и олиготрофные ассоциации, приуроченные к западному и восточному склонам Среднерусской возвышенности. Гидрофильно-моховой тип растительности представлен 10-ю мезо- и олиготрофными ассоциациями, которые приурочены к водораздельным сплавинным болотам, а также отмечены на болотах в области распространения зандровых отложений. Наиболее малочисленным является кустарниковый тип (1 ассоциация).

Анализ распространения выделенных ассоциаций на болотах разных геоморфологических уровней показал, что наиболее высоким разнообразием характеризуются водораздельные болота (44% ассоциаций). Пойменным и балочным болотам, несмотря на богатое водно-минеральное питание, свойственно низкое число синтаксонов (22%), которые представлены исключительно эвтрофными ассоциациями.

Принадлежность ассоциаций к типам водно-минерального питания свидетельствует о доминировании эвтрофных синтаксонов, относящихся к разным типам растительности. Из 44 ассоциаций эвтрофными являются 26 (59%), мезотрофными – 11 (25%), олиготрофными – 7 (16%). Следует отметить, что редкие для региона мезо- и олиготрофные ассоциации сформированы на террасных и водораздельных болотах (как на зандровых отложениях, так и вне таковых).

Полученные результаты свидетельствуют о разнообразии растительных сообществ болот Среднерусской возвышенности, что позволяет рассматривать болотные экосистемы как «ядра» сети охраняемых территорий.

ГЛАВА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

5.1. Ординация синтаксонов растительности болот в экологическом пространстве

Выделенные на болотах Среднерусской возвышенности синтаксоны формируются в определенных экологических условиях. Проведенный кластерный анализ, основанный на Евклидовом расстоянии и методе групповой связи Уорда (Ward's method), при 40 % уровне сходства позволил выделить 6 кластеров, к которым относятся группы ассоциаций, различающиеся по видовому составу (рис. 2). Причиной таких различий является характер водно-минерального питания.

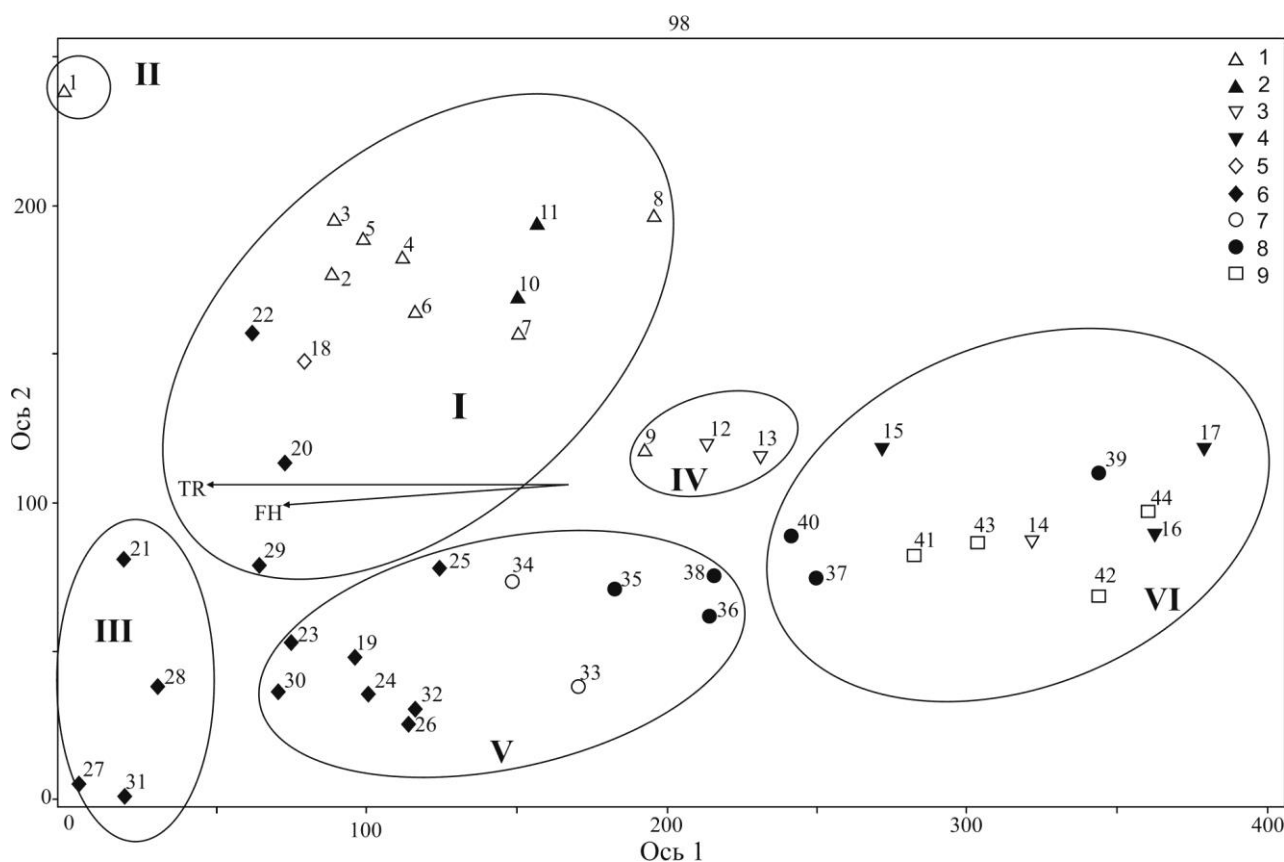


Рис. 2. Ординация синтаксонов растительности болот Среднерусской возвышенности и вектора экологических факторов Д.Н. Цыганова (1983)
(TR – трофность, FH – переменность увлажнения).

Кластеры: **I** – эвтрофные (Э) древесные, древесно-моховые, гидрофильно-травяные и кустарниковые ассоциации, развивающиеся при высокой амплитуде УБВ, **II** – Э древесные ассоциации, способные пересыхать, **III** – Э гидрофильно-травяные ассоциации, формирующиеся в наиболее обводненных условиях, **IV** – Э и М (мезотрофные) древесные и древесно-моховые ассоциации, формирующиеся при умеренном и стабильном увлажнении, **V** – Э и М гидрофильно-травяные и гидрофильно-моховые ассоциации, формирующиеся в умеренно обводненных условиях, **VI** – М и О (олиготрофные) древесно-моховые и гидрофильно-моховые ассоциации. **Группы ассоциаций:** 1 – древесная Э, 2 – древесно-моховая Э, 3 – древесно-моховая М, 4 – древесно-моховая О, 5 – кустарниковая Э, 6 – гидрофильно-травяная Э, 7 – гидрофильно-травяная М, 8 – гидрофильно-моховая М, 9 – гидрофильно-моховая О. Номера ассоциаций – см. Продо́румус.

Расположение выделенных кластеров отражает дифференциацию ассоциаций в осях «минерализация болотных вод – переменность увлажнения». Ось 1 характеризует водно-минеральное питание болотных биотопов. По мере снижения минерализации питающих вод происходит последовательная смена эвтрофных (кластеры I-III) ассоциаций мезотрофными (IV-V) и олиготрофными (VI). Ось 2 описывает режим увлажнения: в условиях переменного увлажнения формируются ассоциации древесного и древесно-мохового типов (кластеры I, II и IV), при постоянном и обильном увлажнении развиваются многие травяные ассоциации (III, V). Ассоциации гидрофильно-мохового типа (VI) формируются в условиях относительно устойчивого увлажнения.

Таким образом, ведущими факторами, определяющими разнообразие растительности болот Среднерусской возвышенности, являются гидрологический режим (переменность увлажнения) и минерализация питающих вод (трофность биотопов). Проведенный анализ состояния болотных биотопов выделенных ассоциаций с использованием экологических шкал Д.Н. Цыганова (1983) подтверждает существенную роль данных факторов.

5.2. Гидрологические и гидрохимические показатели функционирования растительных сообществ болот

Роль гидрологических (УБВ) и гидрохимических (минерализация) показателей в формировании состава и структуры растительных сообществ подтверждена результатами многолетних полустационарных наблюдений за их сезонной и многолетней динамикой в разных ассоциациях пойменных (асс. *Betula pubescens-Phragmites australis* и *Filipendula ulmaria*) и водораздельных (асс. *Betula pubescens-Menyanthes trifoliata-Sphagnum riparium*, *Betula pubescens-Sphagnum centrale*, *Rhynchospora alba-Sphagnum angustifolium+S. fallax*) болот.

При этом, характер растительности определяется не только общей минерализацией болотных вод, но и их катионно-анионным составом. Сравнение гидрохимических показателей болотных вод, отобранных в разных растительных сообществах и на разных типах болот, позволило выявить отличия по содержанию ионов кальция, магния, калия, натрия, гидрокарбонатов и сульфат-ионов. Это подтвердило правомерность отнесения исследуемых ассоциаций к указанным группам формаций, которые выделены по тропности биотопов.

В разделе рассматривается содержание кислорода в болотных водах модельных растительных сообществ. Несмотря на отсутствие четкой тенденции сезонной изменчивости, показано, что сообщества пойменных и водораздельных болот отличаются по диапазону варьирования данного показателя. Это влияет на активность микрофлоры, что увеличивает/снижает интенсивность разложения остатков растений (Шварцев, 1998).

Таким образом, гидрологический режим и гидрохимические параметры растительных сообществ – важнейший показатель функционирования болотных экосистем.

5.3. Биологическая продуктивность болотных сообществ

Сообщества различных ассоциаций, сформированные при разном режиме увлажнения и водно-минерального питания, характеризуются разной продуктивностью (Волкова, 2011, 2012; Волкова, Зацаринная, 2012).

Изучение данного показателя в модельных сообществах пойменных и водораздельных болот показало, что по мере перехода от эвтрофных к мезо- и олиготрофным условиям продуктивность увеличивается. При этом значительную долю составляет подземная фракция (85-90%). В этом же направлении происходит увеличение доли отмерших и негумифициро-

ванных частей растений, что коррелирует со снижением степени разложения торфов. Надземная фракция характеризуется относительно высокой долей участия в сообществах с сезонно-изменчивым гидрологическим режимом.

Полученные результаты свидетельствуют о роли разных растительных сообществ болот в депонировании атмосферного углерода. Наиболее активно этот процесс протекает в сообществах сплавинных болот на водоразделах, что является следствием слабого разложения отмирающих остатков растений в условиях высокого обводнения (Ольчев, Волкова и др., 2012, 2013, 2014; Волкова и др., 2013; Каратаева, Волкова и др., 2015; Olchev, Volkova et al., 2013).

5.3. Горизонтальная структура растительности болот

Структура растительности болот Среднерусской возвышенности часто неоднородна, что зависит от гидролого-гидрохимического режима. При доминировании в питании одного источника (грунтовые, делювиальные или атмосферные воды) растительность гомогенна, т.е. представлена на болоте сообществами одной ассоциации. Такая растительность может быть как эвтрофной, так и мезо- и олиготрофной. При этом, гомогенная эвтрофная структура растительности встречается на небольших по площади и равномерно увлажненных болотах, чаще – на пойменных и балочных, в то время как гомогенная мезо- и олиготрофная структура свойственна болотам на зандровых и моренных отложениях.

Если растительность представлена разными ассоциациями, которые формируются в близких условиях по трофности, но отличаются по режиму увлажнения, то такая структура является гетерогенной гомотрофной. Она может быть эвтрофной, мезотрофной и олиготрофной в зависимости от слагающих сообществ. При смешанном питании болот структура растительности всегда является гетерогенной и может быть представлена не только сообществами разных ассоциаций и групп формаций, но и разных типов растительности. Такую структуру следует рассматривать как гетеротрофную. Комбинация сообществ разного типа водно-минерального питания позволяет выделять эвтрофно-мезотрофную, мезо-олиготрофную, эвтрофно-мезо-олиготрофную, а также эвтрофно-олиготрофную структуру.

Различия в горизонтальной структуре растительности свойственны болотам на разных геоморфологических уровнях. На террасах и склонах речных долин, подстилаемых зандровыми и моренными отложениями, встречаются болота с гомогенной и гетерогенной гомотрофной мезотрофной или олиготрофной, а также с гетеротрофной мезо-олиготрофной структурой растительности, что связано с бедностью подстилающих песков и питающих грунтовых вод, способствующих «утрате» эвтрофных ценозов по окрайкам. При этом, болота с такой структурой растительности не встречаются на водоразделах, подстилаемых суглинками и глинами. Причиной этого является, как минерализованное грунтовое питание, так и регулярный делювиальный сток, обеспечивающий привнос элементов питания на окрайках болот. На водоразделах наиболее высоким фитоценотическим разнообразием характеризуются сплавинные болота с гетерогенной гомотрофной эвтрофной и гетеротрофной эвтрофно-мезо-олиготрофной структурой растительности. Пойменные и балочные болота представлены, в основном, гомогенной или гетерогенной гомотрофной эвтрофной структурой. Выявленное разнообразие структуры растительности болот отражают картосхемы, которые приводятся и обсуждаются в тексте.

Таким образом, горизонтальная структура растительности болот Среднерусской возвышенности обусловлена положением в рельефе, что определяет гидрологические и гидрохимические показатели болотных вод.

ГЛАВА 6. ТОРФЯНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БОЛОТ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

6.1. Состав и свойства торфяных отложений болот

6.1.1. Разнообразие торфов

Торфообразовательный процесс является обязательным компонентом функционирования болотных экосистем. Торф образуется в результате неполного разложения отмерших болотных растений в верхнем (деятельном или торфогенном) слое болот. Его формируют остатки разных видов растений, на основании соотношений которых выделяют разные виды и типы торфов, что нашло отражение в их классификации (Тюремнов, 1976). Состав растительных остатков в торфе зависит от характера растительности и гидрологического режима болот.

Состав и структура торфяных отложений болот Среднерусской возвышенности изучены на примере 170 скважин (колонок) и около 3000 образцов торфа. Результаты ботанического анализа позволили выявить 38 видов торфа, относящиеся к 3-м типам. Наиболее разнообразны низинные торфа (26 видов – 68,5%). Они являются доминирующими по встречаемости (81,6%) и роли в формировании торфяных залежей болот на разных геоморфологических уровнях. Торфа низинного типа относятся к 3 подтипам (лесной, лесо-топяной, топяной) и 6 группам (древесная, древесно-травяная, древесно-моховая, травяная, травяно-моховая и моховая). Среди них чаще встречаются травяной, тростниковый, травяно-сфагновый и сфагновый виды. Степень разложения низинных торфов достигает 50-65%.

Переходные торфа представлены 9-ю видами (23,6%) и относятся к 5 группам (древесно-травяная, древесно-моховая, травяная, травяно-моховая, моховая) и 2 подтипам (лесо-топяной, топяной). Доля переходных торфов в залежах составляет 14,9%. Среди них наиболее часто встречаются сфагновый, осоково-сфагновый и травяно-сфагновый виды (степень разложения – не более 20-25%). Верховые торфа представлены всего 3 видами (7,9%), относящимися к 3 группам (древесно-моховая, травяно-моховая, моховая) и 2 подтипам (лесо-топяной, топяной). Встречаемость верховых торфов в залежах низкая – 3,5%. Наиболее распространенным является сфагновый торф. Степень разложения верховых торфов – 10-15%. Торфа этого типа являются следствием перехода на атмосферное питание и чаще встречаются на болотах, подстилаемых зандровыми и моренными отложениями, реже – вне таковых.

6.1.2. Водно-физические и химические свойства торфов

Состав растительных остатков и степень разложения торфов обуславливают их физико-химические свойства. В разделе рассмотрены водно-физические (влажность, влагоемкость, объемный вес) и химические (кислотность, зольность и содержание в золе CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ и P₂O₅, фракционно-групповой состав органического вещества) свойства разных видов/типов торфов (Мельников, Волкова, Чилачава, 2010; Бойкова, Волкова, 2013). Выявленные отличия свидетельствуют о влиянии на изучаемые показатели особенностей водно-минерального питания болот, что связано с их положением в рельефе. Состояние окружающих территорий, включая антропогенное воздействие, также сказывается на свойствах торфяных отложений.

6.1.3. Микробиологическая активность торфяных отложений

Степень разложения торфов определяется обилием и активностью микроорганизмов, участвующих в процессе трансформации органического вещества (Добровольская, 2002).

Проведенные нами исследования на болотах Среднерусской возвышенности показали, что наиболее высокий титр микроорганизмов (как грибов, так и бактерий) характерен для залежей пойменных болот, образованных низинными видами торфа. Минимальное содержание микроорганизмов обнаружено в верховом торфе водораздельных болот. При этом выявлена зависимость не только от видового состава растений-торфообразователей, но и от УБВ и его амплитуды в течение вегетационного сезона. Различия в численности и интенсивности жизнедеятельности микроорганизмов способствуют формированию торфов с разными показателями объемного веса, влажности и влагоемкости.

В структуре микробных комплексов доминирует прокариотная составляющая (бактерии) и только в верхних горизонтах торфяных залежей более значимой становится роль эукариотических представителей (грибы) (Головченко, Волкова, 2006).

Состояние микробных комплексов в торфах коррелирует с интенсивностью эмиссии углекислого газа из торфяных отложений, что характеризует роль микроорганизмов в функционировании болотных экосистем и углеродном балансе (Ольчев, Волкова, и др., 2012; Волкова, Звягина, Ольчев, 2015).

6.2. Строение и разнообразие торфяных залежей болот

В процессе развития болот происходит напластование торфов и формирование торфяных залежей. Залежи болот Среднерусской возвышенности различаются по мощности и последовательности расположения видов торфа на вертикальном разрезе, что позволяет выделять виды и типы залежей.

Мощность торфяных отложений зависит от глубины депрессии, в которой формируется болото, и продолжительности болотообразовательного процесса. Наибольшей глубиной (до 5-10 и более метров) характеризуются водораздельные болота, образующиеся в понижениях карстово-суффозионного происхождения, которые подстилаются глинистыми или суглинистыми отложениями. При этом, торфяные отложения могут занимать весь объем депрессии, быть разделенными «линзой» воды или представлены сплавиной. В соответствии с этим, по структуре залежи болот являются:

1. целостными (сплошными) – заполняют весь объем депрессии,
2. разорванными – представлены придонным слоем торфа и плавающей на поверхности воды сплавиной,
3. сплавинными – депрессия заполнена водой и на ее поверхности сформирована торфяная сплавина.

Различия в структуре залежей обусловлены отличиями в генезисе болот, что связано с интенсивностью увлажнения и его динамикой. Образование целостной залежи происходит при умеренном и стабильном увлажнении делювиальными водами. Разорванная залежь формируется при изменившемся в процессе развития болота гидрологическом режиме. В этом случае, на начальных этапах заболачивания увлажнение депрессии было умеренным и способствовало образованию придонного слоя торфа. В дальнейшем, обводнение увеличилось, что привело к перекрытию водой сформировавшихся на дне торфяных отложений, а также отрыву и всплыванию верхней (слаборазложившейся) части залежи, ставшей сплавиной.

Сплавинная залежь формируется в глубоких (до 10-15 и более метров) и сильно обводненных карстово-суффозионных провалах. Образование сплавины происходит на поверхности воды разными способами. В частности, нами описан способ возникновения, сопровождающийся накоплением на поверхности воды листового опада древесных пород, произрас-

ходным типами. При этом, гомотрофные низинные залежи образованы разными низинными видами торфа и имеют широкое распространение на болотах разных геоморфологических уровней. Гомотрофные переходные залежи образованы разными переходными торфами и встречаются редко на болотах речных долин.

Класс гетерогенных типов включает большую группу гетеротрофных залежей. При этом, залежи низинного типа могут иметь в своем составе переходные и верховые торфа в верхних горизонтах, что обнаружено для террасных и водораздельных болот на разных подстилающих породах. Переходные типы залежей могут характеризоваться наличием низинных торфов в придонных горизонтах и/или перекрываться верховыми торфами небольшой мощности (до 50 см). Увеличение мощности верховых торфов, наряду с переходными и низинными торфами, является признаком смешанного типа залежи. Такие переходные и смешанные залежи свойственны только болотам на зандровых и моренных отложениях речных террас и склонов водоразделов. Приведенная классификация торфяных залежей болот Среднерусской возвышенности является основой для изучения их генезиса и типологии.

ГЛАВА 7. ГЕНЕЗИС И ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Болотные экосистемы формируются при определенном сочетании геоморфологических, гидрологических, геологических и климатических особенностей территории. От сочетания указанных факторов зависят начальные этапы болотообразовательного процесса в депрессии, а именно время возникновения, характер «первичной» болотной растительности и свойства придонных горизонтов торфа. Последующие этапы развития болота определяются стабильностью/изменчивостью гидрологического и гидрохимического режимов, что проявляется не только в видовом составе растений, структуре растительных сообществ и виде/типе торфа, но и в скорости болотообразовательного процесса (прирост торфа).

На Среднерусской возвышенности степень заболоченности и специфика генезиса болот обусловлены геоморфологическими особенностями территории. В этой связи вопросы возникновения и развития болот будут рассмотрены для трех геоморфологических уровней.

7.1. Генезис и динамика пойменных и балочных болот

Пойменные и генетически связанные с поймами балочные болота являются наиболее распространенными на Среднерусской возвышенности (85% от общей площади болот). Имеющиеся радиоуглеродные датировки придонных образцов торфов свидетельствуют о том, что болота образовались, в основном, в атлантический (5-7 тыс. л.н.) и субатлантический периоды (0-2,5 тыс. л.н.) голоцена.

Анализ ботанического состава торфяных залежей пойменных и балочных болот свидетельствует о разных направлениях генезиса (рис. 4). Гомогенность залежей отражает стабильность водно-минерального режима в развитии болот. В этом случае, на разных временных отрезках растительность была представлена одним палеосообществом (черноольховое, тростниковое или осоковое). При изменении водного режима палеоценозы последовательно сменяли друг друга, что отражает состав гетерогенных гомотрофных залежей. Если в процессе развития болота происходило обеднение минерального питания, то в тростниковые или древесные ценозы внедрялись сфагновые мхи. Тем не менее, в условиях богатого водно-минерального питания палеорастительность разных стадий развития пойменных и балочных болот являлась эвтрофной.

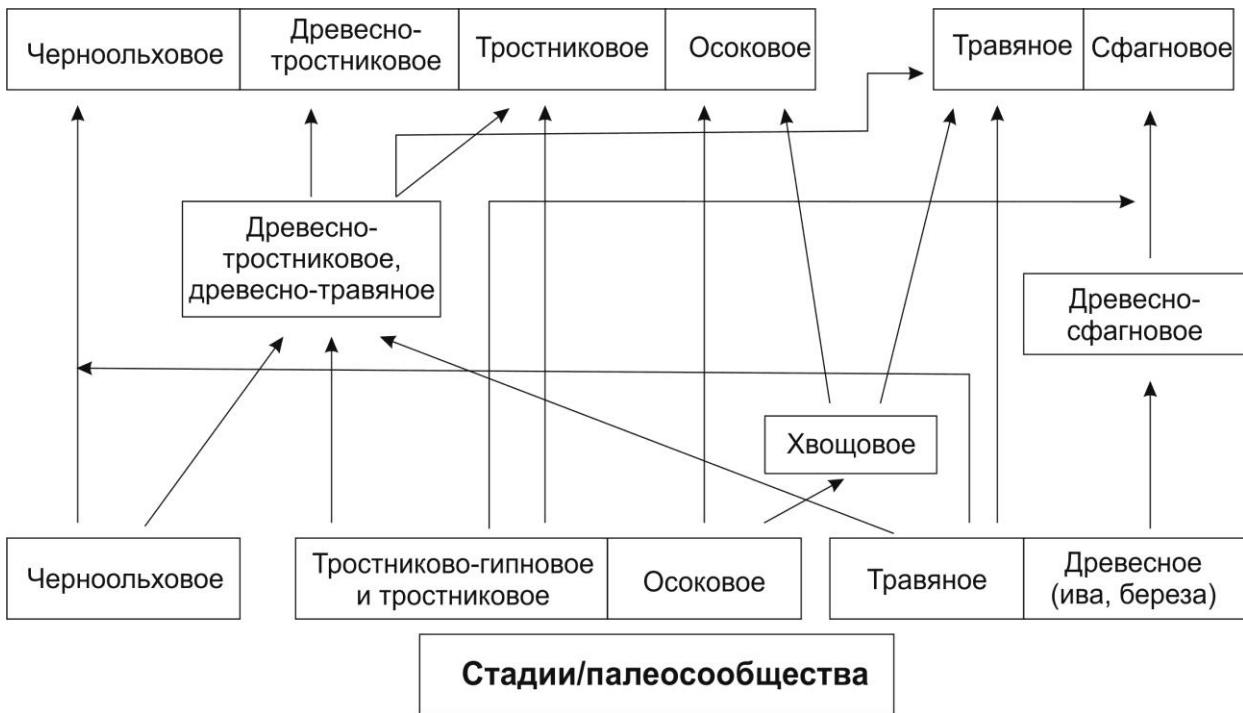


Рис. 4. Варианты генезиса пойменных и балочных болот

Реконструкция генезиса болот этой группы позволяет констатировать, что в условиях Среднерусской возвышенности гидрологический режим рек является стабильным, что определяет низкую вариабельность путей развития. В генезисе болот можно выделить 1-3 (4) стадии (палеосообщества).

Важным фактором, определяющим динамику развития болот, является вертикальный прирост торфа. Этот показатель зависит, прежде всего, от режима увлажнения, что влияет на состав палеосообществ и интенсивность разложения отмерших растительных остатков. Датировки слоев торфа на разных глубинах позволили рассчитать скорость вертикального прироста болот, которая составляет от 0,2 до 0,7 мм/год. Увеличение показателей на некоторых пойменных болотах до 1,8-1,9 мм/год обусловлено привносом минеральных частиц с разливами рек, в результате чего в залежах образуются прослойки глины и крупнозернистого песка. Интенсивный делювиальный смыв обеспечивает формирование оглиненного торфа или глинистых прослоек в залежах балочных болот. На таких болотах показатели прироста возрастают до 1,4 мм/год и 2,3 мм/год.

Таким образом, пойменные и балочные болота на Среднерусской возвышенности образовались в разные периоды голоцена и характеризуются стабильностью развития, что обусловлено их гидрологическим режимом.

7.2. Генезис и динамика болот террас и склонов водоразделов

На зандровых и моренных отложениях террас и склонов водоразделов болота имеют более сложное развитие, что отражает строение торфяных залежей. Возникновение многих болот относится к началу атлантического – концу бореального периодов (7-9 тыс. лет назад). Наиболее «древними» являются болота, расположенные в долине р. Ока и образовавшиеся в бореальном периоде. Вторая «волна» активного заболачивания приходится на суббореальный период. Позднее, в субатлантический период, образовались болота на террасах Оки и

Воронежа. Важно отметить, что болота, сформированные в указанных геолого-геоморфологических условиях, часто характеризуются олиготрофной растительностью, что ранее послужило основанием рассматривать их как «реликты ледниковой эпохи» (Лавренко, 1936). Однако, полученные датировки придонных образцов торфов свидетельствуют о «голоценовом» возрасте этих болот.

Особенности строения торфяных отложений болот данной группы, среди которых доминируют гетерогенные гетеротрофные залежи разных типов, отражают изменения условий в процессе развития болотных экосистем, что позволяет проследить их генезис (рис. 5).

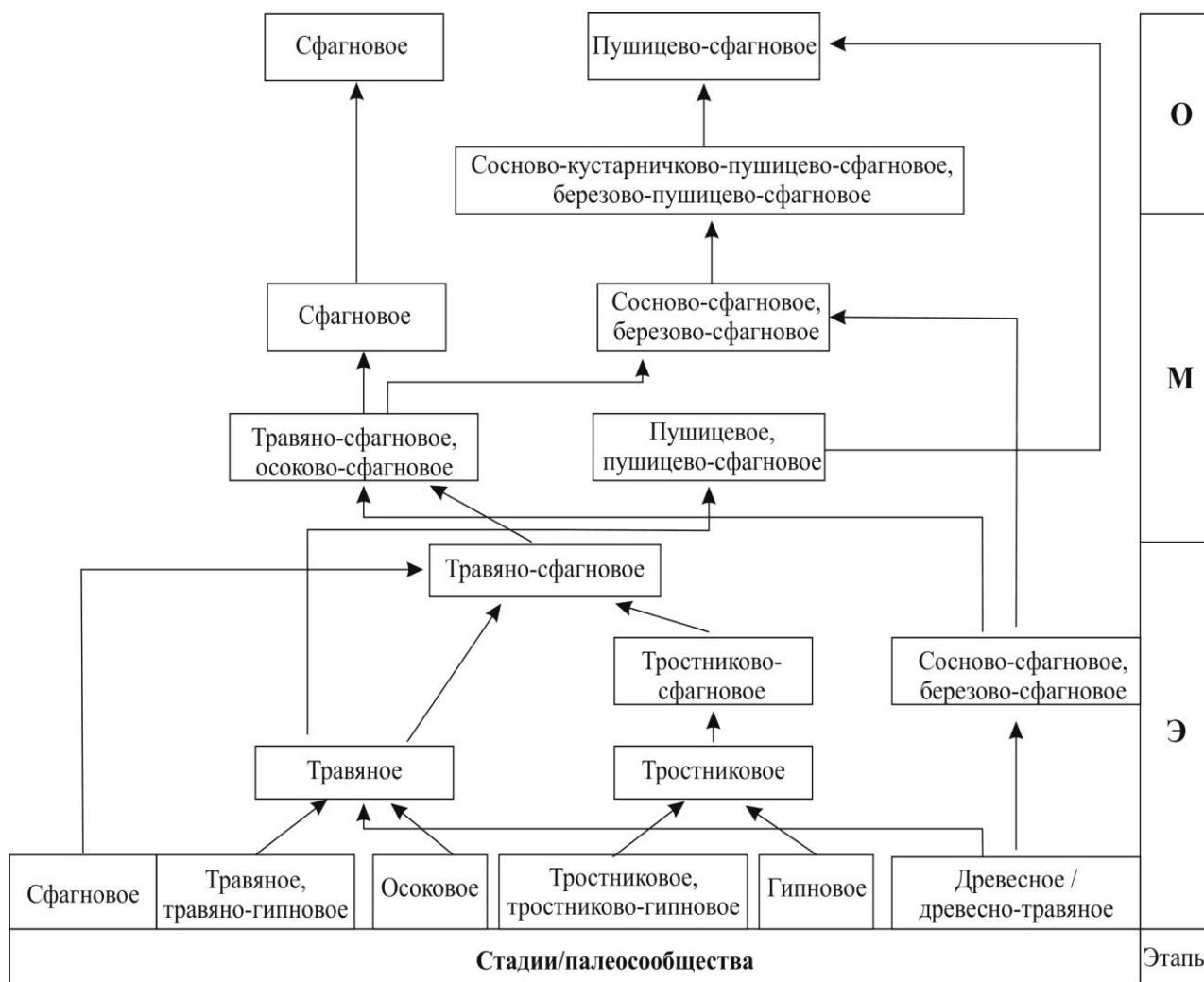


Рис. 5. Варианты генезиса террасных и водораздельных болот на зандровых и моренных отложениях (этапы: О – олиготрофный, М – мезотрофный, Э – эвтрофный)

Заболачивание депрессий на террасах и склонах водоразделов обычно начиналось с эвтрофных стадий. В развитии болот эвтрофные палеосообщества могут доминировать при продолжительной подпитке грунтовыми водами. Обеднение питающих вод способствовало переходу болот к мезотрофному этапу (реже – заболачивание начиналось с этого этапа). Такие изменения в структуре палеорастительности происходили в разные периоды голоцена: от 7,5 до 1,5 тыс. лет назад, что обусловлено долей грунтового стока в питании болот. Переход к олиготрофному этапу начался 500-1000 лет назад, что свидетельствует об относительной «молодости» олиготрофных сообществ на болотах в депрессиях речных долин. В процессе

развития болот скорость их вертикального прироста, в среднем, составляла 0,5-0,7 мм/год. По мере перехода на атмосферное питание показатель увеличивался до 1,7-1,9 мм/год.

Таким образом, в развитии болот на зандровых и моренных отложениях террас и склонов водоразделов выделено 3 этапа, соответствующие характеру водно-минерального питания: I - эвтрофный, II – мезотрофный и III – олиготрофный. Начальным этапом развития болот является эвтрофный, который представлен наиболее высоким разнообразием стадий. При переходе к обедненному питанию происходит снижение фитоценотического разнообразия. По этой причине мезотрофный и олиготрофный этапы развития болот представлены меньшим числом стадий. Олиготрофная растительность является конечным этапом сукцессионного развития болот на песчаных отложениях речных долин.

7.3. Генезис и динамика водораздельных болот

На водоразделах вне моренных и зандровых отложений болота обычно формируются в депрессиях карстово-суффозионного происхождения, что связано с особенностями геологического строения территории. На интенсивность этого процесса оказывает большое влияние тектоника (Дымов и др., 2000; Волкова, 2010).

Заболачивание возникших провалов связано с объемом накопившейся влаги, что зависит от глубины провала, времени его возникновения, геоморфологического положения (вершина или склон водораздела) и наличия дренирующей системы. В результате обводненность депрессий может быть слабой, умеренной и сильной, что определяет особенности заболачивания и формирование залежей разной структуры (целостная, разорванная, сплавинная).

В возникновении водораздельных карстово-суффозионных болот выделяется 2 периода: атлантический и субатлантический. При этом, болота с торфяными отложениями сплошной (целостной) структуры формировались как в атлантический, так и в более поздние периоды голоцена, а с разорванной и сплавинной залежами – преимущественно в субатлантический период. Наиболее «молодыми» являются сплавинные болота (2-ая половина субатлантического периода).

Болота с целостной структурой залежей характеризуются заболачиванием по типу "bottom up" (Gaudig et al., 2006), т.е. накоплением торфяных отложений на дне понижения с их последующим вертикальным приростом. В зависимости от интенсивности обводнения и характера водно-минерального питания заболачивание депрессий начиналось с разных стадий. Наиболее часто болотообразовательный процесс сопровождался активной подпиткой грунтовыми водами, что способствовало формированию гипновых или травяно-гипновых палеоценозов. При отсутствии обильного увлажнения развивались травяные и древесно-травяные палеосообщества.

Стабильность или изменчивость водно-минерального питания определяют возможность перехода болота в процессе развития к следующей стадии или этапу. Доминирование делювиального стока в питании болот обеспечивает нестабильное увлажнение. В таких условиях активизируются процессы трансформации органического вещества и снижается интенсивность вертикального прироста торфа (в среднем, 0,8-0,9 мм/год). В генезисе указанных болот преобладают эвтрофные палеосообщества. Мезо- и олиготрофные палеоценозы характеризуют наиболее поздние этапы развития болот в условиях высокого увлажнения слабоминерализованными водами. Скорость прироста торфа в этом случае достигает 7-8 мм/год. Такие ценозы в современном растительном покрове встречаются крайне редко.

Болота со сплавинной залежью образуются в условиях обильного грунтового увлажнения карстово-суффозионных депрессий. Возникшие озера впоследствии зарастают торфяны-

ми сплави́нами. Существуют разные пути образования сплави́н (Сукачев, 1926; Доктуровский, 1935; Кац, 1941; Богдановская-Гиенэф, 1949; Тюремнов, 1976), однако нами описан новый способ, характерный именно для карстовых депрессий (рис. 6).

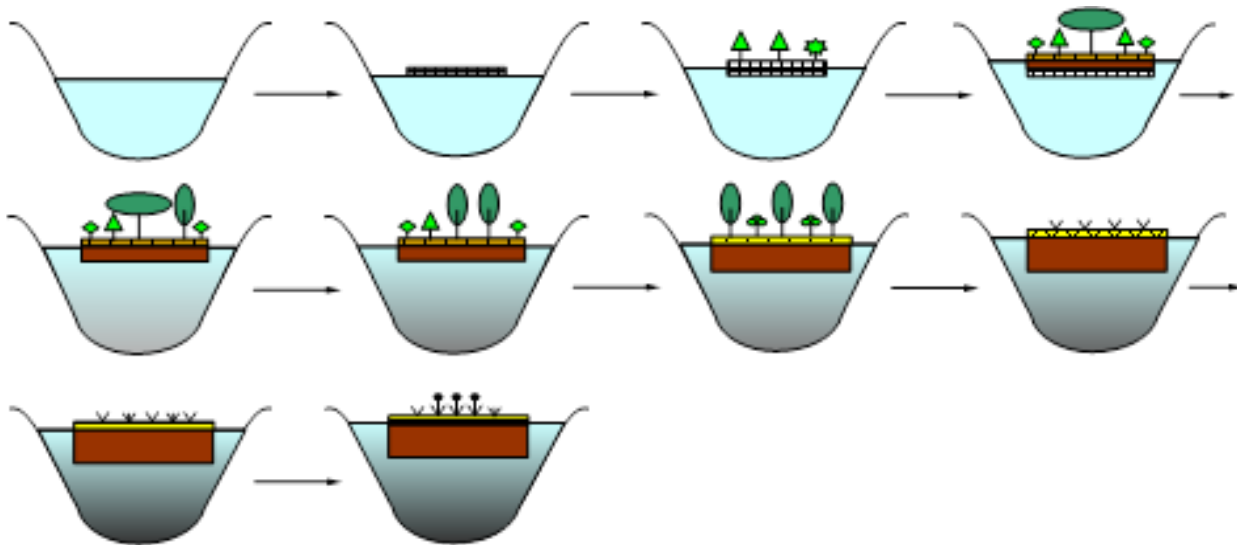
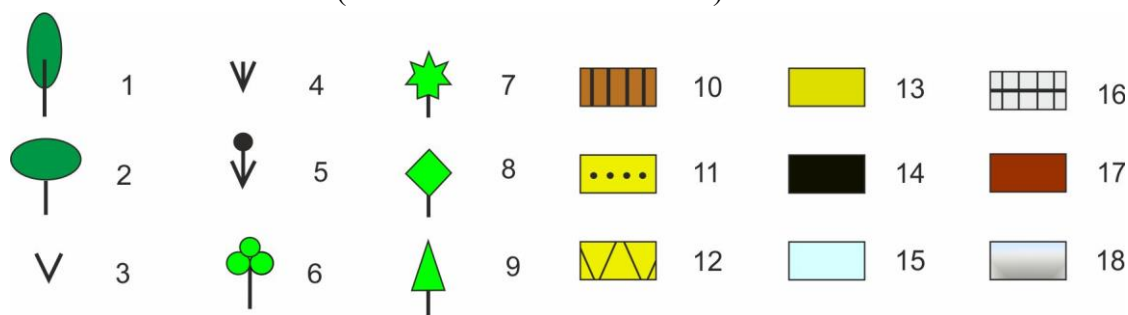


Рис. 6. Схема заболачивания сильнообводненных карстово-суффозионных депрессий (сплавинное заболачивание)



Условные знаки: 1 – береза пушистая, 2 – ольха черная, 3 – осока вздутая, 4 – очеретник белый, 5 – пушица влагалищная, 6 – вахта трехлистная, 7 – недотрога обыкновенная, 8 – кизляк кистецветный, 9 – кочедыжник женский, 10 – ярус гипновых мхов, 11 – ярус эвтрофных сфагновых мхов, 12 – ярус мезотрофных сфагновых мхов, 13 – ярус олиготрофных сфагновых мхов, 14 – очес, 15 – вода, 16 – лиственный опад, 17 – торф, 18 – вода с отделившимся торфом

Формирование сплавин начинается в центре «карстового озера». Для этого необходим субстрат, которым в лесной части Среднерусской возвышенности являются опавшие листья (реже – мелкие ветви) древесных пород, произрастающие по берегам депрессии. Накопление опавших листьев и веток на поверхности озера обеспечивает формирование «лиственной сплавин», на которой поселяются зеленые мхи и некоторые травы. Слабое разложение отмерших частей этих растений способствует образованию слоев гипсового и травяно-гипсового торфа.

Со временем процесс заселения сплавин растениями обеспечивает увеличение мощности ее торфяных отложений, что, при достижении 1,5-2 м, способствует внедрению древесных пород: вначале сообщества формирует черная ольха, затем – поселяется береза. На определенном этапе эти породы могут произрастать совместно. Однако по мере увеличения толщины сплавин происходит снижение трофности корнеобитаемого горизонта в результате частичного перехода на атмосферное питание. Вначале это приводит к выпадению ольхи и

обеспечивает доминирование березы, а затем способствует внедрению вначале эвтрофных, а затем – мезо- и олиготрофных сфагновых мхов и трав. Таким образом, в развитии сплавины наблюдается переход от эвтрофного – к мезо- и олиготрофному этапам. При этом, нижние части сплавины могут отделяться и «зависать» в толще воды или опускаться ко дну карстового провала – «top down» (Gaudig et al., 2006). В результате, толщина сплавины обычно не превышает 3 метров. Такой способ сплавинного болотообразования подробно описан в публикациях автора (Volkova, 2010, 2012; Волкова, Моисеева, 2006; Волкова, 2011). Помимо этого, в разделе рассматриваются и другие пути возникновения сплавин в депрессиях карстово-суффозионного происхождения, а также формирование разорванных залежей.

Специфику болотообразовательного процесса имеют обширные карстово-суффозионные депрессии с пологими склонами, возникшие в результате объединения нескольких провалов. Заболачивание окраинных и центральных частей таких депрессий может протекать одновременно, но разными путями: крайки – по пути «bottom up», а центр – по сплавинному пути («top down»). При этом горизонтальный и вертикальный рост сплавины обеспечивают перекрывание торфяных отложений на окрайках и последние оказываются «погребенными» сплавинной (Волкова, 2008, 2011). Такой «комбинированный» способ заболачивания, наряду с различиями в водно-минеральном питании разных частей болота, объясняет комплексность и мозаичность растительного покрова.

Как видно, важной особенностью торфяных отложений болот на водоразделах является наличие сплавины. Вне зависимости от генезиса, сплавины характеризуются интенсивным вертикальным приростом: показатель варьирует от 2 до 10 мм/год. Необходимо отметить, что мезо- и олиготрофные ценозы сформированы именно на сплавинах. Такие сообщества являются редкими для Среднерусской возвышенности.

Обобщение полученных материалов по разнообразию путей заболачивания и развитию болот в депрессиях на водоразделах позволило предложить варианты генезиса, представленные разными стадиями и этапами (рис. 7). В развитии рассматриваемых водораздельных болот можно выделить 3 этапа: I – эвтрофный, II – мезотрофный и III – олиготрофный. Преимущественное питание минерализованными грунтовыми или поверхностными водами является причиной наиболее продолжительного эвтрофного этапа в развитии болот, представленного максимальным количеством стадий (палеосообществ).

Переход к мезо- и олиготрофному этапам часто связан с формированием сплавин, образовавшихся в конце субатлантического периода. Такое изменение водно-минерального питания болот сопровождается снижением их фитоценотического разнообразия. Относительно времени появления мезо- и олиготрофных сообществ следует отметить, что переход к мезотрофному этапу произошел 300-400 лет назад. На некоторых болотах такая смена произошла недавно – 30-50 лет назад. Олиготрофный этап в развитии рассматриваемых водораздельных болот является редким, отмечен на единичных объектах. Переход к этому этапу, по расчетам с учетом скорости торфонакопления, произошел примерно 100-150 лет назад. На некоторых болотах олиготрофная растительность формируется на переходном торфе, что свидетельствует о переходе к данному этапу в настоящее время.

Проведенное сравнение генезиса болот, расположенных на разных элементах рельефа и подстилающих породах, позволяет констатировать их отличия по времени возникновения, типу заболачивания, динамике прироста торфяных отложений, разнообразию и продолжительности стадий и этапов, структуре торфяных залежей.

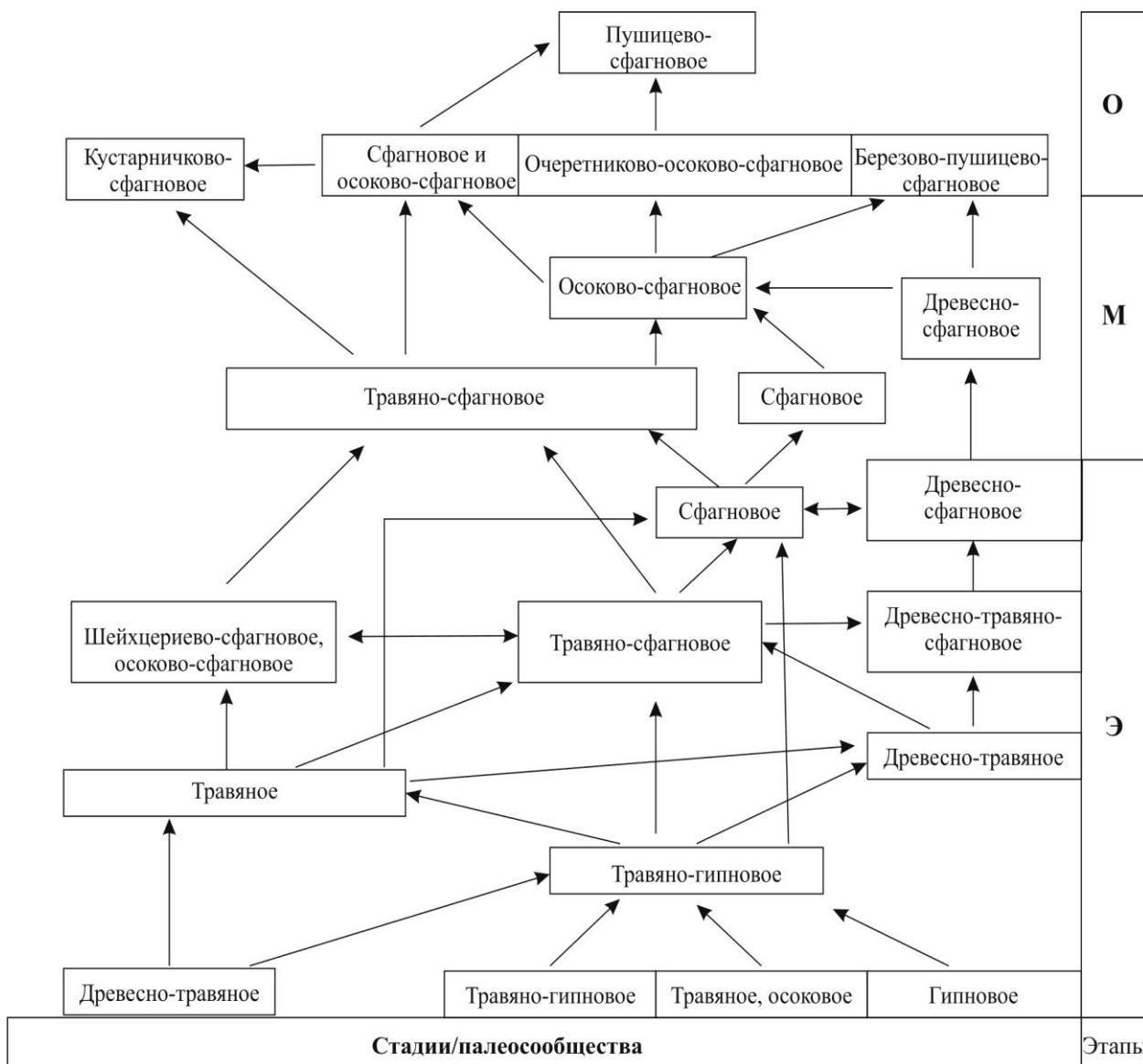


Рис. 7. Варианты генезиса водораздельных болот на глинистых и глинистых отложениях

Наиболее «древними» являются болота на зандровых и моренных отложениях речных террас и склонов водоразделов, которые начали формироваться в конце бореального периода. В атлантический период происходило активное заболачивание депрессий в поймах рек, на террасах и водоразделах с разными типами подстилающих пород. В этот климатический оптимум голоцена образовалась значительная часть болот региона. В субатлантический период началось интенсивное заболачивание карстово-суффозионных депрессий на водоразделах, расположенных вне моренных и зандровых отложений. Часто такие болота формировались на месте озер, обмелевших в суббореальный период. Пойменные, балочные и террасные болота также возникали в субатлантический период.

Заболачивание понижений в течение голоцена протекало по-разному, что позволило выделить следующие типы:

I тип – вертикальное нарастание торфа; характерно для депрессий на разных элементах рельефа в условиях слабого или умеренного обводнения;

II тип – сплавинное зарастание; свойственно глубоким и сильнообводненным карстово-суффозионным депрессиям на водоразделах;

III тип – последовательное вертикальное нарастание и сплавинное зарастание; характерно для карстово-суффозионных депрессий с изменившимся режимом увлажнения;

IV тип – комбинированное заболачивание: вертикальное нарастание и сплавинное зарастание происходят одновременно в центральной части и на пологих склонах карстово-суффозионных депрессий.

Наиболее распространенным является I тип заболачивания, описанный на пойменных, балочных, террасных и большинстве водораздельных болот. Отсутствие обильного увлажнения обеспечивает активное разложение растительных остатков и низкую скорость прироста торфа. Этот показатель варьирует от 0,2-0,3 мм/год на болотах песчаных отложений террас и склонов водоразделов до 0,5 мм/год на пойменных болотах. В депрессиях на водоразделах, подстилаемых суглинистыми и глинистыми отложениями, показатель варьирует в зависимости от питающих вод: при делювиальном стоке составляет 0,8-0,9 мм/год, а при активной грунтовой подпитке увеличивается до 7-8 мм/год. При таком типе заболачивания формируется целостная торфяная залежь.

Заболачивание II-IV типов характерно для водораздельных болот. При стабильно высоком обводнении заболачивание озер в карстово-суффозионных депрессиях происходило по сплавинному типу (II). Если в процессе развития болот режим увлажнения изменялся, то заболачивание развивалось по III или IV типу. При этом, если на начальных стадиях скорость прироста торфяных отложений могла варьировать в зависимости от объема накапливающейся на дне влаги, то после образования сплавинности – сохранялась стабильно высокой (до 8-10 мм/год). Такие болота формировались в субатлантический период голоцена и характеризуются сплавинной или разорванной структурой торфяных залежей.

В процессе развития карстово-суффозионные болота снабжались, преимущественно, минерализованными грунтовыми водами, что обеспечило доминирование эвтрофных палеосообществ. Формирование мезо- и олиготрофной растительности произошло в последние 100-400 лет, что свидетельствует о «молодости» этих этапов развития. Сравнение полученных данных с таковыми для болот, сформированными на песчаных отложениях речных долин, показывает более поздний переход водораздельных болот к указанным этапам. Такая «задержка» обусловлена характером водно-минерального питания, поскольку изоляция от грунтовых вод происходит только при активном росте сплавин.

В генезисе болот на террасах и склонах водоразделов, подстилаемых зандровыми и мореными отложениями, могут доминировать как эвтрофные, так и мезотрофные палеосообщества, что определяется характером водно-минерального питания. Тем не менее, поступление слабоминерализованных грунтовых, а также бедных делювиальных вод способствует быстрому переходу к мезо- и олиготрофному этапам развития. Такие сообщества являются наиболее «древними» на болотах исследуемой территории.

В развитии пойменных и балочных болот представлен только эвтрофный этап, что связано с минерализованным аллювиальным и делювиальным питанием.

Таким образом, генезис болот, развивающихся в разных геоморфологических условиях, существенно различается по количеству и продолжительности этапов и стадий, интенсивности прироста и структуре торфяных отложений. Это обусловлено гидрологическим режимом болот, который связан со свойствами подстилающих пород и состоянием окружающих ландшафтов.

ГЛАВА 8. ТИПОЛОГИЯ И РАЙОНИРОВАНИЕ БОЛОТ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.

8.1. Типы болот Среднерусской возвышенности

Болота являются сложными природными экосистемами, состоящими из разных компонентов и имеющими несколько уровней структурной организации. Основываясь на определенных признаках (положение в рельефе, типы вмещающих котловин, водно-минеральное питание, набор и расположение на массиве болотных участков, структура растительности), разработаны разные классификации болот (Аболин, 1928; Доктуровский, 1935; Цинзерлинг, 1938; Кац, 1941; Танфильев, 1953; Тюремнов, Виноградова, 1953; Пьявченко, 1958, 1972; Галкина, 1959; Ниценко, 1967; Лопатин, 1980, 1983; Юрковская, 1992; Кузнецов, 2006; др.).

Для лесостепных регионов Европейской России предложены классификации болот и торфяников Н.И. Пьявченко (1958), А.И. Кузьмичева (1974), К.Ф. Хмелева (1975) и И.В. Благовещенского (2006), основанные на разных принципах и критериях. Для болот Среднерусской возвышенности отсутствует единая типология болот, что ставит необходимость ее разработки для наиболее полного отражения разнообразия болотных экосистем региона.

Разработанная нами классификация является геоморфолого-фитоценотической и состоит из нескольких ступеней. Высшей единицей типологии являются классы типов болот (болотных массивов), которые выделены в соответствии с их приуроченностью к наиболее крупным геоморфологическим выделам региона, характеризуются разным происхождением депрессий и составом подстилающих пород. В соответствии с этим, выделено 3 класса типов болот:

1. Водораздельные болота в карстово-суффозионных депрессиях;
2. Террасные и склоновые водораздельные болота на зандровых и моренных отложениях в суффозионных депрессиях;
3. Пойменные и балочные болота;

На второй ступени классификации болота дифференцировали на группы типов в зависимости от трофности слагающих их болотных биотопов. Таких групп типов выделено три: эвтрофная, мезотрофная и олиготрофная. Отнесение к указанным группам типов проводили на основании трофности биотопов центральной части болота (т.н. «генетического центра»).

Различия в водно-минеральном питании определяют характер растительности болота, что рассматривается как диагностический признак при дифференциации типов болот на 3-ей ступени классификации. При этом учитывается горизонтальная структура растительности и доминирующие растительные сообщества на трансекте «центр – окраина» (Юрковская, 1992). Их отнесение к формациям или, при экологической специфичности, – ассоциациям, выделенным на основе эколого-фитоценотической классификации растительности, позволило выделить типы болот (болотных массивов). В пределах некоторых типов выделены варианты по доминирующим на них ассоциациям или субассоциациям.

Разнообразие типов болот Среднерусской возвышенности отражает приведенная ниже Классификационная схема (табл. 2), позволившая выделить 38 типов болотных массивов, относящихся к 3-м классам типов.

Максимальное разнообразие выявлено в классе типов водораздельных болот в карстово-суффозионных депрессиях – 14 типов и 8 вариантов. При этом болота относятся к 3 группам типов по характеру водно-минерального питания и большинство – к эвтрофной (7 типов, 7 вариантов). В классе типов террасных и склоновых водораздельных болот на зандровых и

моренных отложениях в суффозионных депрессиях также представлены 3 группы типов, к которым относятся по 4-5 типов болот.

Таблица 2.

Классификационная схема болотных массивов Среднерусской возвышенности

Код	Типологические единицы	Код	Типологические единицы
I.	Класс типов – Водораздельные болота в карстово-суффозионных депрессиях		
I.1.	Группа типов – Эвтрофные болота	I.1.7	Тип – <i>Рогозовые болота</i>
I.1.1	Тип – <i>Черноольховые болота</i>	I.2.	Группа типов – Мезотрофные болота
I.1.2	Тип – <i>Березовые болота</i>	I.2.1	Тип – <i>Березово-сфагновые болота</i>
	- березово-камышовый вариант	I.2.2	Тип – <i>Волосистоплодноосоково-сфагновые болота</i>
	- березово-осоковый вариант	I.2.3	Тип – <i>Тростниково-сфагновые болота</i>
	- березово-вахтовый вариант	I.3.	Группа типов – Олиготрофные болота
	- березово-белокрыльниковый вар.	I.3.1	Тип – <i>Березово-сфагновые болота</i>
	- березово-телиптерисовый вариант	I.3.2	Тип – <i>Вздутоосоково-сфагновые болота</i>
I.1.3	Тип – <i>Березово-сфагновые болота</i>	I.3.3	Тип – <i>Очеретниково-сфагновые болота</i>
	- березово-вахтово-сфагновый вариант (со <i>Sphagnum riparium</i> , <i>S. squarrosum</i>)	I.3.4	Тип – <i>Кустарничково-сфагновые болота</i>
	- березово-сфагновый вариант (со <i>Sphagnum centrale</i> , <i>S. wulfianum</i>)		- кассандрово-сфагновый вариант
I.1.4	Тип – <i>Ивовые болота</i>		
I.1.5	Тип – <i>Вейниковые болота</i>		
I.1.6	Тип – <i>Дернистоосоковые болота</i>		
II.	Класс типов – Террасные и склоновые водораздельные болота на зандровых и моренных отложениях в суффозионных депрессиях		
II.1.	Группа типов – Эвтрофные болота	II.3.	Группа типов – Олиготрофные болота
II.1.1	Тип – <i>Березовые болота</i>	II.3.1	Тип – <i>Сосново-сфагновые болота</i>
II.1.2	Тип – <i>Ивовые болота</i>		- сосново-кустарничково-пушицево-сфагновый вариант
II.1.3	Тип – <i>Рогозовые болота</i>		- сосново-пушицево-сфагновый вариант
II.1.4	Тип – <i>Вейниковые болота</i>		- сосново-кустарничково-сфагновый вар.
II.1.5	Тип – <i>Омскоосоковые болота</i>	II.3.2	Тип – <i>Березово-сфагновые болота</i>
II.2.	Группа типов – Мезотрофные болота	II.3.3	Тип – <i>Вздутоосоково-сфагновые болота</i>
II.2.1	Тип – <i>Сосново-сфагновые болота</i>	II.3.4	Тип – <i>Кустарничково-сфагновые болота</i>
II.2.2	Тип – <i>Березово-сфагновые болота</i>	II.3.5	Тип – <i>Пушицево-сфагновые болота</i>
II.2.3	Тип – <i>Волосистоосоково-сфагновые болота</i>		
II.2.4	Тип – <i>Тростниково-сфагновые болота</i>		
III.	Класс типов – Пойменные и балочные болота		
III.A.	Подкласс – Пойменные болота	III.A.1.5	Тип – <i>Рогозовые болота</i>
III.A.1	Группа типов – Эвтрофные болота	III.A.1.6	Тип – <i>Таволговые болота</i>
III.A.1.1	Тип – <i>Черноольховые болота</i>	III.A.1.7	Тип – <i>Остроосоковые болота</i>
	- черноольхово-крапивный вариант	III.A.1.8	Тип – <i>Дернистоосоковые болота</i>
	- черноольхово-папоротниковый вар.	III.B.	Подкласс – Балочные болота
III.A.1.2	Тип – <i>Березовые болота</i>	III.B.1	Группа типов – Эвтрофные болота
III.A.1.3	Тип – <i>Ивовые болота</i>	III.B.1.1	Тип – <i>Черноольховые болота</i>
III.A.1.4	Тип – <i>Тростниковые болота</i>	III.B.1.2	Тип – <i>Тростниковые болота</i>

Наиболее низкое разнообразие типов болот характерно для класса типов пойменных и балочных болот (10), представленных двумя подклассами. Выявленное типологическое

разнообразие болот относится к эвтрофной группе типов. Максимальное разнообразие (8 типов) свойственно пойменным болотам.

Разработанная типология болот является основой для районирования Среднерусской возвышенности.

8.2. Районирование болот Среднерусской возвышенности

Разнообразие природных условий определяет отличия в интенсивности болотообразовательного процесса и способствует формированию разных типов болот в различных регионах Среднерусской возвышенности. Однако детальное районирование указанной территории, основанное на признаках болотных экосистем, отсутствует.

Обобщение литературных сведений и собственных материалов по разнообразию типов болот и их распространению позволяет провести детальное болотное районирование Среднерусской возвышенности (рис. 8.). Изучаемая территория располагается в границах 3-х болотных округов и 7 районов. Округа выделены в соответствии с доминированием определенного класса типов болот (согласно авторской типологии). При выделении районов руководствовались преобладающим типом или вариантом болот, а также учитывали представленность болот иных классов типов. Для районов указывали площади болот и оценивали интенсивность болотообразовательного процесса (заболоченность территории, %). Нумерация округов и районов в тексте соответствует обозначениям на рис. 8.

I. Приднепровский округ – занимает западную и северо-западную части возвышенности, характеризуется доминированием класса типов террасных и склоновых водораздельных болот на зандровых и моренных отложениях; соответствует южной и юго-западной части Московско-Верхнеднепровской провинции хвойно-широколиственных лесов, эвтрофных и олиготрофных сосново-сфагновых болот (Кац, 1971); представлен одним районом:

1. Окско-Жиздринский район олиготрофных сосново-сфагновых (сосново-кустарничково-пушицево-сфагновый и сосново-пушицево-сфагновый варианты) болот; площади болот достигают 60-100 га, заболоченность района составляет 0,8-1,5%. Западная граница округа и района находится за пределами Среднерусской возвышенности.

II. Среднерусский округ – занимает центральную часть возвышенности и характеризуется максимальной представленностью класса типов водораздельных болот, сформированных в карстово-суффозионных депрессиях; в долинах крупных рек болота образуются в понижениях песчаных террас и в поймах; представлен 5-ю районами:

2. Свапа-Ворсклинский район мезотрофных березово-сфагновых и тростниково-сфагновых болот на водоразделах; на песчаных террасах редко формируются олиготрофные сосново-сфагновые болота; район занимает южную и юго-западную часть возвышенности; площадь болот – не более 5-10 га, заболоченность района 0,6-0,9%.

3. Упинский район олиготрофных очеретниково-сфагновых и кустарничково-сфагновых, а также мезотрофных волосистоплодноосоково-сфагновых сплавинных водораздельных болот; район занимает северную часть возвышенности; площади болот 0,5-1 га, заболоченность района – 0,1%.

4. Верхнедонской район эвтрофных тростниковых, таволговых и других травяных пойменных болот; район занимает восточную часть возвышенности и соответствует узкой (дренированной) долине р. Дон; на водоразделах болота встречаются редко; площади болот – не более 15-25 га, заболоченность района – 0,2%.

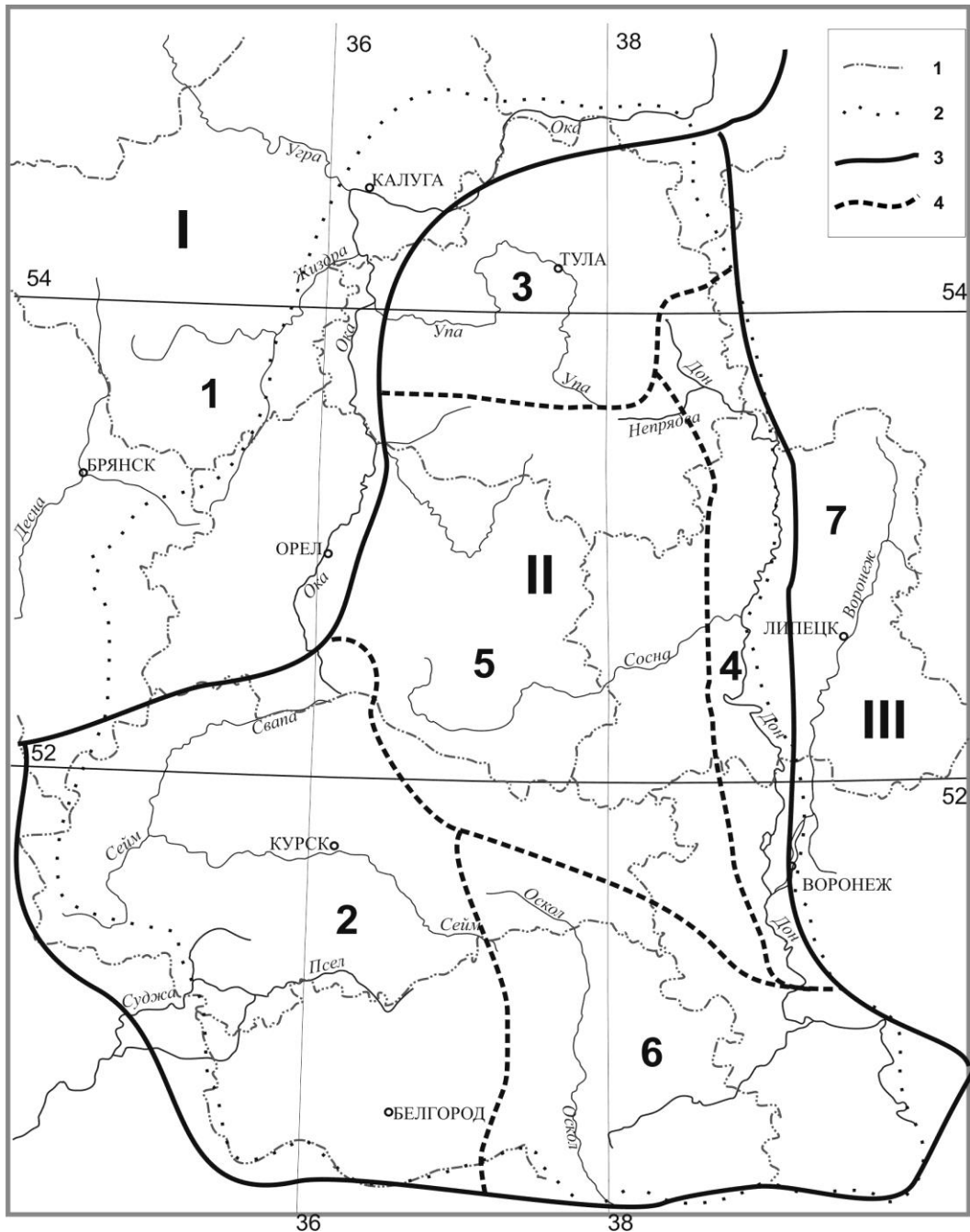


Рис. 8. Районирование болот Среднерусской возвышенности

Условные знаки: 1 – граница Российской Федерации, 2 – граница Среднерусской возвышенности, 3 – границы округов, 4 – границы районов (названия – см. в тексте).

5. Зушско-Соснинский район эвтрофных травяных и кустарниковых водораздельных болот; район занимает центральную, наиболее возвышенную часть территории, характеризующуюся максимальной дренированностью (здесь находится наиболее высокая точка рельефа – 293 м); площади болот – не более 5 га, болота мелкозалежные (до 50-70 см), заболоченность района минимальна – 0,01%.

6. Донско-Оскольский (Среднедонской) район эвтрофных тростниковых и рогозовых пойменных болот; район занимает южную и юго-восточную часть возвышенности и соответствует среднему течению Дона, включая бассейн р. Оскол; на водоразделах и террасах рек болота редки; площади болот достигают 75-100 га, заболоченность – 0,3-0,4%.

III. Окско-Донской округ – частично занимает восточные склоны возвышенности и прилегающую территорию Окско-Донской низменности (долина р. Воронеж), характеризуется распространением класса типов террасных и склоновых водораздельных болот на зандровых и моренных отложениях; представлен одним районом:

7. **Воронежский район** олиготрофных сосново-сфагновых (в том числе, сосново-кустарничково-сфагновый вариант), кустарничково-сфагновых и эвтрофных омскоосоковых болот; болота занимают площадь 10-20 га, реже – до 50-100 га, заболоченность 0,5-0,6%.

Восточная граница округа и района находятся за пределами Среднерусской возвышенности.

Проведенное районирование показало, что разнообразие физико-географических условий Среднерусской возвышенности влияет на формирование разных типов болот. Ведущими факторами, определяющими разнообразие болот, являются геолого-гидрологические особенности региона.

ГЛАВА 9. ПРИРОДООХРАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ, СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ ИХ ОХРАНЫ В РЕГИОНЕ

9.1. Природоохранное значение болотных экосистем Среднерусской возвышенности

Болотные экосистемы выполняют множество важнейших биосферных функций (Wetlands..., 1993; Joosten, Clarke, 2002; IPCC, 2013; Mires and peatlands of Europe..., 2017). Несмотря на низкую заболоченность Среднерусской возвышенности, все эти функции присущи и болотам данной территории.

Роль болот в углеродном обмене с атмосферой. Болота играют важную роль в глобальном круговороте CO₂, поскольку в процессе функционирования депонируют углерод, связывая CO₂ в процессе фотосинтеза болотных растений и частично аккумулируя его в торфяных отложениях (Gorham, 1991; Вомперский, 1994; IPCC, 2013). Результаты исследований, организованные на болотах Тульской области, показали преобладание процессов связывания углекислоты над ее эмиссией в атмосферу для гидрофильно-моховых сообществ водораздельных болот. Этот процесс наиболее активно протекает в асс. *Rhynchospora alba* - *Sphagnum angustifolium* + *S. fallax* в течение вегетационного сезона. В древесных и древесно-моховых сообществах (асс. *Betula pubescens* - *Scirpus sylvaticus*, *Betula pubescens* - *Calla palustris*, *Betula pubescens* - *Menyanthes trifoliata* - *Sphagnum riparium*, др.) интенсивность депонирования снижается и показатель соответствует интенсивности эмиссии либо выделение углекислоты начинает превалировать (Волкова и др., 2013, 2017), что обусловлено абиотическими показателями (освещенность, УБВ, температура воздуха и торфа). При этом вклад разных ярусов растительных сообществ в составляющие CO₂-обмена различен (Ольчев, Волкова и др., 2012, 2013, 2014; Каратаева, Волкова и др., 2015; Olchev, Volkova, Karataeva et al., 2013).

Болота как хранители палеогеографической и палеоэкологической информации. Торфяные отложения болот обладают консервирующей способностью, что обеспечивает сохранение пыльцевых зерен и спор. На основании палинологического анализа торфов с учетом результатов радиоуглеродного датирования проведена реконструкция состояния ландшафтов и климата разных регионов Среднерусской возвышенности в разные периоды голоцена, выявлена степень и формы антропогенного воздействия на экосистемы (Хмелев, 1979; Новенко и др., 2011, 2013, 2014, 2016а, 2016б; Новенко, Волкова, 2012; Носова, Волкова,

2014; Novenko et al., 2009, 2012, 2015, 2016; Novenko, Volkova, 2015; др.), что позволило охарактеризовать историю землепользования изучаемой территории на локальном уровне.

Торфяные отложения ненарушенных болот являются «архивом» информации не только о состоянии ландшафтов, но и об особенностях развития собственно экосистемы. Основой для получения такой информации является ботанический состав торфяных отложений, который диагностирует не только состав палеосообществ, существовавших на разных этапах развития болота, но и является основой для реконструкции палеоэкологических условий в процессе генезиса экосистемы. Применение к результатам ботанического анализа метода фитоиндикационного определения экологических параметров местообитания по видовому составу палеорастительности (Цыганов, 1983; Бузук, Созинов, 2009) показало, что в процессе генезиса болот наиболее существенно менялись такие параметры биотопов, как влажность (HD) (в т.ч. – переменность увлажнения – FH), трофность (TR) и богатство азотом (NT) (Савенкова и др., 2014; Волкова и др., 2015, 2016). При этом, амплитуда варьирования указанных параметров различна на болотах разных типов. Так, пойменные и балочные болота характеризуются максимальной стабильностью рассматриваемых параметров в процессе развития, что отражает гомогенный состав торфяных отложений таких болот. Изменчивый режим водно-минерального питания свойственен террасным и водораздельным болотам на разных подстилающих породах, что проявляется в гетерогенной структуре их торфяных залежей.

Оценка экологического состояния палеосообществ болот и окружающих их ландшафтов также проведена на основе определения содержания комплекса химических элементов по профилям торфяных залежей разных типов болот. Это позволило оценить интенсивность аккумуляции разных элементов по этапам развития болот, выявить корреляцию между характером растительности и свойствами питающих вод (Волкова и др., 2014, 2016).

Болота как индикаторы экологического состояния региона. Торфяная залежь болот способна аккумулировать вещества, приносимые не только поверхностными и/или грунтовыми водами, но и воздушными массами (Ruhling et al., 1996; Frontasyeva, Steinnes, 2005; Coşkun, 2006; Steinnes, 1995, 1997; Steinnes et al., 2005). Это позволяет использовать болотные экосистемы, а именно – их торфяные отложения, в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды поллютантами, в том числе – тяжелыми металлами. Содержание металлов в верхнем слое торфяной залежи отражает современное экологическое состояние региона, что позволяет определить степень антропогенной нагрузки на ландшафты.

Применение такого подхода к оценке экологической ситуации Тульской области позволило выявить превышения ПДК по свинцу, меди, никелю, цинку, марганцу, железу, хрому и кобальту в промышленно развитых районах области (Волкова и др., 2012, 2014, 2016). Такой подход является перспективным для применения в других регионах.

Болота как центры сохранения биологического разнообразия. Своеобразие болотных экосистем, обусловленное, свойствами торфяных отложений и водно-минеральным питанием, способствуют формированию специфичной флоры и разнообразных растительных сообществ. При этом некоторые из видов и сообществ находятся на Среднерусской возвышенности на границах своих ареалов, что свидетельствует о роли болот в сохранении биологического разнообразия.

Для характеристики природоохранной ценности растительных сообществ болот Среднерусской возвышенности был использован комплекс критериев (Мартыненко и др., 2015), включающий их флористическую (F) и фитосоциологическую (B) ценность, распространение (S), естественность (N), возможные тенденции сокращения площади (D) и способность к

восстановлению (V). На основании указанных критериев рассчитан показатель категории охраны (C), что отражает ценность каждого из выделенных синтаксонов.

Полученные результаты по оценке природоохранной значимости ассоциаций болот Среднерусской возвышенности показали, что максимальные баллы характерны для асс. *Rhynchospora alba-Sphagnum angustifolium+S. fallax*, *Carex rostrata-Sphagnum angustifolium+S. fallax*, *Betula pubescens-Eriophorum vaginatum-S. angustifolium*, *Betula pubescens-Menyanthes trifoliata+Calla palustris-Sphagnum angustifolium +S. fallax*, *Pinus sylvestris-Andromeda polifolia-Sphagnum fallax+S. magellanicum*, *Comarum palustre-Sphagnum angustifolium*, *Eriophorum vaginatum-Sphagnum angustifolium*, *Phragmites australis-Sphagnum angustifolium+S. fallax*, *Betula pubescens-Carex lasiocarpa-S. fallax*, *Betula pubescens-Menyanthes trifoliata-Sphagnum riparium*, *Carex lasiocarpa-Sphagnum fallax+S. angustifolium* и *Chamaedaphne calyculata+Охусoccus palustris-Sphagnum angustifolium*. Это означает их высокую ценность и необходимость охраны в регионе.

Однако, сохранение растительных сообществ невозможно без поддержания целостности болотных экосистем. Это определяет необходимость разработки оценочных критериев природоохранного статуса для типов болот, что является важной практической составляющей данной работы.

Наиболее значимым критерием является роль болот в сохранении флористического и фитоценотического разнообразия. Предлагаемый критерий биоразнообразия (BD – biodiversity) рассчитывается как сумма F и B для всех слагающих синтаксонов по каждому типу болота. Полученные результаты позволили выявить существенные различия, обусловленные горизонтальной структурой растительности болот. Если растительный покров гомогенен, то критерии для типа болота будут совпадать с показателями формирующей ассоциации. В случае гетерогенной структуры ценность типа болота будет определяться оценками слагающих его синтаксонов. В результате, природоохранный статус болота повышается.

Не менее важным является критерий редкости типов болот (R – rarity), который позволяет оценить распространение и роль болот в структуре ландшафтов изучаемой территории.

Существование и функционирование как синтаксонов, так и болотных экосистем возможно при сохранении структуры торфяных залежей, поэтому введен критерий целостности торфяных отложений (PD – peat deposit).

Степень деградации болот напрямую связана с ролью этих экосистем в деятельности человека (Семенищенков, 2016). Критерий ценности (I – importance) включает культурно-рекреационное и научное значение разных типов болот. Культурно-рекреационная составляющая (C–cultural) критерия I учитывает эстетическую привлекательность болот, их расположение близ культурных и исторических достопримечательностей, возможность посещения и организацию туризма. Последнее связано со способностью болот к восстановлению после рекреационной нагрузки. Научная составляющая критерия I включает оценку значения разных типов болот для науки и перспектив их изучения (S – scientific). Это учитывает возможность использования торфяных отложений болот как «архивов» прошлого с целью реконструкции палеоэкологических условий, растительного покрова – как маркера современной экологической обстановки и антропогенного воздействия, а также возможность постановки модельных опытов по изучению различных аспектов функционирования болот.

Для всех предлагаемых критериев разработаны шкалы оценки. Их применение к болотам Среднерусской возвышенности показало, что наиболее высокой природоохранной значимостью характеризуются мезо- и олиготрофные водораздельные болота (особенно – тростниково-сфагновые, березово-сфагновые, вздутоосоково-сфагновые, очеретниково-

сфагновые и кустарничково-сфагновые), а также олиготрофные террасные и склоновые водораздельные болота на зандровых и моренных отложениях (сосново-сфагновые болота разных вариантов). Это означает, что в систему ООПТ регионов должны входить, прежде всего, болота этих типов.

9.2. Современное состояние и охрана болот

Несмотря на низкую заболоченность Среднерусской возвышенности, болотные экосистемы претерпели значительное антропогенное воздействие. Наиболее интенсивное освоение характерно для пойменных болот. Основными формами использования явились осушение с последующей разработкой торфяной залежи на топливо и в качестве удобрения.

Террасные и склоновые водораздельные болота, сформированные на зандровых и моренных отложениях, также использовали как источник торфа. Наиболее нарушенными промышленной добычей торфа являются болота долины Оки.

Водораздельные болота, расположенные вне зандровых отложений, оказались нарушенными в меньшей степени. Особенно это касается болот, расположенных в лесной части Среднерусской возвышенности. Небольшие размеры болот и низкая экономическая эффективность их разработок обеспечили сохранность многих редких типов болот. При этом, на землях сельскохозяйственного назначения степень нарушения водораздельных болот выше.

Таким образом, характер растительного покрова, мощность и свойства торфяных отложений явились причиной масштабной разработки пойменных, реже – террасных и водораздельных болот. Целенаправленного восстановления болотных экосистем в регионах Среднерусской возвышенности не проводилось. Однако снижение интереса к торфяным разработкам обеспечило возможность зарастания осушительных канав и начало процесса естественного восстановления на некоторых из них. Кроме непосредственного нарушения структуры болотных экосистем отмечено снижение уровня грунтовых вод в регионе, что приводит к деградации болот. Этот процесс происходит, в первую очередь, под воздействием климатических изменений (Волкова и др., 2018).

Приведенные факты обосновывают необходимость охраны болотных экосистем в регионе. Однако, на сегодняшний день болота в системе ООПТ занимают малую долю. На основании проведенных исследований автором предложено к охране 18 болотных экосистем в Тульской области (Красная книга., 2007), а также рекомендованы для проведения мониторинговых наблюдений болота в других областях Среднерусской возвышенности.

ВЫВОДЫ

1. Низкая заболоченность Среднерусской возвышенности (0,5%) обусловлена комплексом физико-географических факторов.
2. Флора болот Среднерусской возвышенности включает 332 вида сосудистых растений (10-18% от региональных флор областей) и 122 вида листостебельных мхов (35% региональной бриофлоры), что характеризует роль болотных экосистем в сохранении видового разнообразия. Соотношение флоры сосудистых растений и мохообразных составляет 2,7:1, что выше по сравнению с флорой болот таежной зоны и свидетельствует об увеличении доли сосудистых растений на болотах Среднерусской возвышенности.
3. Специфической особенностью флоры болот Среднерусской возвышенности является доминирование среди сосудистых растений эвтрофных лугово-болотных и водно-болотных

видов. При этом, в структуре бриофлоры преобладают мезоэвтрофные и мезотрофные болотные виды.

4. С позиции эколого-фитоценотической классификации растительность болот Среднерусской возвышенности представлена 44 ассоциациями, 31 субассоциацией, 12 вариантами, 10 безранговыми сообществами, относящимися к 28 формациям, 9 группам формаций и 5 типам растительности. Ведущими факторами ценоценотического разнообразия болот являются минерализация питающих вод и переменность увлажнения, что подтверждают результаты изучения сезонной и разногодичной динамики гидролого-гидрохимических показателей.

5. Высокое разнообразие эвтрофных синтаксонов (59%), принадлежащих разным типам растительности, обусловлено геолого-гидрологическими особенностями Среднерусской возвышенности. Наиболее редкие для региона олиго- и мезотрофные сообщества формируются на сплавилах водораздельных болот, а также на террасах и склонах речных долин, перекрытых песчаными отложениями.

6. На болотах Среднерусской возвышенности выявлено 38 видов торфа. Наиболее разнообразны низинные торфа (27 видов), являющиеся доминирующими в торфяных залежах. Разнообразие переходных торфов представлено 8-ю видами, верховых – 3-мя видами. Различия в составе торфов позволили разработать динамическую классификацию торфяных залежей, которая отражает особенности развития болотных экосистем.

7. Болота Среднерусской возвышенности в разных геоморфологических условиях характеризуются различными направлениями генезиса, что определяет характер современной растительности. Для водораздельных болот в карстово-суффозионных депрессиях описан новый способ сплавинного болотообразования, в процессе развития которого формируются мезо- и олиготрофные сообщества.

8. Формирование болот на Среднерусской возвышенности происходило в течение всего голоцена. Однако, в бореальный период болота активно развивались, преимущественно, на террасах и склонах речных долин, перекрытых зандровыми и моренными отложениями. Интенсивность вертикального прироста таких болот составляла 0,2-0,3 мм/год на всех этапах развития. Наиболее «молодыми» являются водораздельные болота, образовавшиеся в субатлантическом периоде. В условиях высокого обводнения они характеризуются активным вертикальным приростом, достигающим 8-10 мм/год.

9. Разработанная геоморфолого-фитоценотическая классификация болот Среднерусской возвышенности, учитывающая структурно-функциональные особенности экосистем в различных геоморфологических условиях, включает 38 типов и 13 вариантов. Характер распространения болот разных типов позволил провести районирование территории и выделить 3 болотных округа и 7 болотных районов.

10. Болота Среднерусской возвышенности являются важными компонентами ландшафтов как специфические биотопы для многих охраняемых видов растений и редких синтаксонов. На основании разработанных критериев оценки природоохранной значимости типов болот показано, что мезо- и олиготрофные водораздельные болота в карстово-суффозионных депрессиях, а также олиготрофные террасные и склоновые водораздельные болота на зандровых и моренных отложениях необходимо в первую очередь включать в систему ООПТ областей.

Основные публикации по теме диссертации

Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для защиты докторских диссертаций:

1. Novenko E. Yu., Zyuganova I.S., **Volkova E.M.**, Dyuzhova K.V. A 7000-year pollen and plant macrofossil record from the Mid-Russian Upland, European Russia: Vegetation history and human Impact // *Quaternary International* (2017), <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.11.025>.
2. **Волкова Е.М.**, Новенко Е.Ю., Носова М.Б., Зацаринная Д.В. Динамика развития водораздельных болот на южной границе леса в Европейской России // *Бюлл. Моск. О-ва испыт. Природы. Отд. Биол.* 2017. Т. 122, вып. 1. С. 47-59.
3. Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Дюжова К.В., **Волкова Е.М.** Динамика растительности на южной границе зоны широколиственных лесов Восточно-Европейской равнины в среднем и позднем голоцене // *Известия РАН. Серия географическая*, 2017. № 5. С. 82-94.
4. **Волкова Е. М.**, Горелова С. В., Чекова Д. А. Динамика экологических условий и накопление химических элементов в генезисе водораздельных болот Центральной России // *Известия Саратовского университета. Серия Химия, Биология, Экология*. Вып. 4. 2016. С. 450-462.
5. 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 // *Известия РАН. Серия географическая*, 2016, № 1. С. 103-114.
6. 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) // *Известия Русского географического общества*, 2016, том 148, № 1. С. 30-40.
7. Novenko E., Tsyganov A., Rudenko O., **Volkova E.**, Zuyganova I., Babeshko K., Olchev A., Losbenev I., Payne R., Mazei Yu. Mid- and late-holocene vegetation history, climate and human impact in the western Mid-Russian Upland: new data and a regional synthesis // *Biodiversity and Conservation*, 2016. DOI: 10.1007/s10531-016-1051-8.
8. **Е.М. Волкова**, Н.И. Золотухин, М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова. Новые находки мхов в Белгородской области // *Arctoa*, 2015, № 24. С. 598-599. doi: 10.15298/arctoa.24.51.
9. Novenko E., Tsyganov A., **Volkova E.**, Babeshko K., Lavrentiev N., Payne R., Mazei Yu. 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*, V. 83, 2015. Pp. 459-468.
10. 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 // *Вест. Московского университета. Серия 5: география*, 2014. №6. С. 24-31.
11. **Волкова Е.М.**, Пельгунова Л.А., Кочкина А.В. Динамика развития болот в карстово-суффозионных депрессиях и накопление химических элементов в торфяных залежах // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. Вып. 4. 2014. С. 158-173.
12. Olchev A, **Volkova E**, Karataeva T., Novenko E. Growing season variability of net ecosystem CO2 exchange and evapotranspiration of a sphagnum mire in the broad-leaved forest zone of European Russia *Environ. Res. Lett.* 2013. 8 035051 doi:10.1088/1748-9326/8/3/035051.
13. Бойкова О.И., **Волкова Е.М.** Химические и биологические свойства торфов Тульской области // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки*. Вып. 3. 2013. С. 253-264.
14. Носова М.Б., **Волкова Е.М.** 850-летняя динамика растительности внутренней части лесного массива в пределах «Засечной черты» (зона широколиственных лесов, Тульская область) // *Бюлл. Моск. О-ва испытателей природы. Отд. Биол.* 2014. Т. 119. Вып. 6. С. 49-56.
15. Новенко Е.Ю., Гласко М.П., **Волкова Е.М.**, Зюганова И.С. Динамика ландшафтов и климата бассейна верхнего Дона в среднем и позднем голоцене // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2013. № 2. С. 68-82.

16. Novenko E.Yu., **Volkova E.M.**, Glasko M.P., Zuganova I.S. Paleocological evidence for the middle and late Holocene vegetation, climate and land use in the upper Don River basin (Russia) // *Veget. Hist. Archaeobot.* № 21, 2012. Pp. 337-352.
17. Ольчев А.В., **Волкова Е.М.**, Каратаева Т.А., Новенко Е.Ю. Нетто CO₂-обмен и испарение сфагнового болота в зоне широколиственных лесов Европейской России // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки.* 2012. Вып. 3. С. 207-220.
18. **Волкова Е.М.**, Горелова С.В., Музафаров Е.Н. Биомониторинг антропогенного загрязнения Тульской области на основе анализа накопления тяжелых металлов в торфяных залежах болот // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки.* Вып. 2. Тула, изд-во ТулГУ, 2012. С. 253-263.
19. Смагин В.А., **Волкова Е.М.** Растительность болот северо-востока Среднерусской возвышенности (России) // *Известия Самарского научного центра РАН.* Т. 14, № 1(4), 2012. С. 1121-1124.
20. Зацаринная Д.В., **Волкова Е.М.**, Сиринов А.А. Растительность и факторы среды карстовых болот зоны широколиственных лесов: методические подходы // *Бот. журн.*, Т. 97, № 4, 2012. С. 524-537.
21. **Волкова Е.М.** Редкие болота северо-востока Среднерусской возвышенности: растительность и генезис // *Бот. журн.* 2011. Т. 96. № 12. С. 1575-1590.
22. **Волкова Е.М.** Пойменные болота северо-востока Среднерусской возвышенности // *Бот. журн.*, 2011., т. 96, № 4, С. 503-514.
23. Зацаринная Д.В., **Волкова Е.М.** Экологические особенности растительных сообществ сплавинных карстовых болот Тульской области // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки.* Вып. 1. Тула, изд-во ТулГУ, 2011. С. 227-236.
24. Зацаринная Д. В., **Волкова Е.М.**, Музафаров Е.Н. Влияние гидрологических особенностей на структуру растительного покрова сплавинных карстовых болот // *Всероссийский научно-практический журнал «Вода: химия и экология».* № 7. 2011. С. 11-18.
25. **Волкова Е.М.** Новые находки мхов в Тульской области // *Arctoa*, 2010. № 19. С. 267-268.
26. Попова Н.Н., **Волкова Е.М.** Редкие моховидные болотных экосистем в региональных Красных книгах средней полосы России // *Вестник Тверского Государственного университета. Сер. Биология и экология.* Вып. 17, 2010. С. 112-129.
27. **Волкова Е.М.**, Головченко А.В., Самощенко Н.В., Музафаров Е.Н. Микробиологическая характеристика торфов Тульской области // *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки.* 2010. Вып. 1. С. 204-214.

Монографии:

1. Красная книга Тульской области: растения и грибы (под ред. Щербакова А.В.). Тула, Гриф и К, 2010. – 393 с.
2. Красная книга: Особо охраняемые природные территории Тульской области (под ред. Л.Ф. Тарариной и др.). Тула, Гриф и К, 2007. – 316 с.

Учебные пособия:

Волкова Е.М. Методы изучения болотных экосистем. Тула, Гриф и К. 2009. 94 с.

Публикации в других изданиях

1. **Волкова Е.М.**, Полуянов А.В., Золотухин Н.И. О динамике болот Среднерусской возвышенности // Матер. конференции «IX Галкинские Чтения», СПб, 2018. С. 36-38.
2. **Волкова Е.М.** О типах болот Среднерусской возвышенности // *Бюл. Брянского отделения РБО*, 2017. № 4 (12). С. 29-38.
3. **Волкова Е.М.**, Зацаринная Д.В. Гидрологические особенности болот Среднерусской возвышенности // *Труды Ин-та биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина.* 2017. Вып. 79 (82). Гидробиологические исследования болот. С. 36-39.

4. **Волкова Е.М.**, Звягина А.И., Ольчев А.В. Роль микробных комплексов в эмиссии углекислого газа болотными экосистемами // Матер. Всероссийской научной конференции «Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам», г. Киров, 22–25 апреля 2015 г.). Киров, изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. С. 66-70.
5. Elena Novenko, **Elena Volkova**. The Middle and Late Holocene Vegetation and Climate History of the Forest-steppe Ecotone Area in the Central Part of European Russia / Article of Special Issue on “Environment Evolution and Human Activity in the Late Quaternary: Geographical Pattern” // Geographical Review of Japan. Series B. 2015. № 87 (2). Pp. 91-98.
6. Новенко Е.Ю., Руденко О.В., **Волкова Е.М.**, Зюганова И.С. Динамика растительности национального парка «Орловское полесье» в позднем голоцене // Ученые записки Орловского государственного университета. Орел, изд-во Орл. гос. ун-т, 2014. Т. 3, № 59, С. 302-310.
7. **Волкова Е.М.**, Смагин В.А., Абадонова М.Н. Разнообразие болот западной части Орловской области // Матер. межрегиональной конференции «Флора и растительность Центрального Черноземья-2015», посвященной 80-летию юбилею Центрально-Черноземного заповедника (г. Курск, 4 апреля 2015). Курск, 2015. С. 109-114.
8. **Волкова Е.М.**, Ольчев А.В., Каратаева Т.А., Новенко Е.Ю. Оценка вклада растительных сообществ водораздельных карстово-суффозионных болот в CO₂-обмен // Труды XIII Съезда Русского ботанического общества «Современная ботаника в России» и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (Тольятти 16-22 сентября 2013 г.). Т.2: Систематика и география сосудистых растений. Сравнительная флористика. Геоботаника. Тольятти: Кассандра, 2013. С. 181-182.
9. **Волкова Е.М.**, Зацаринная Д.В. Исследования болот лесостепной части Тульской области // Сб. науч. статей «Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: историко-культурные и природные территории». Вып. 3. Тула, 2013. С. 92-97.
10. **Volkova Elena**. The Origin, Development, and Modern State of Karst Mires in the Tula Region of Russia // The Finnish Environment “Mires from pole to pole” (Tapio Lindholm and Raimo Heikkilä – eds.), 2012, № 38. Finnish Environment Institute, Helsinki. Pp. 281-293.
11. **Волкова Е.М.**, Зацаринная Д.В. Генезис и структурно-функциональные особенности болотных экосистем Тульской области // Сб. статей и лекций IV всероссийской школы-конференции «Актуальные проблемы геоботаники» (1-7 октября 2012 г.). Уфа, изд. центр «Медиа-Принт», 2012. С. 357-364.
12. **Волкова Е.М.** Продуктивность растительных сообществ как показатель сукцессионного развития сплавинных карстово-суффозионных болот (на примере Тульской области) // Матер. всероссийской научно-практической конференции «Болотные экосистемы: фундаментальные аспекты охраны и рационального природопользования» (г. Йошкар-Ола, 25-28 сентября 2012 г.). Йошкар-Ола, 2012. С. 299-303.
13. **Волкова Е.М.**, Новенко Е.Ю., Хасанов Б.Ф. Динамика развития разных типов болот Тульской области // Матер. всероссийской научной конференции с международным участием «Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы» (20-24 сентября 2011 г. Санкт-Петербург). СПб, 2011. С. 30-33.
14. **Volkova E.M.** The Way of Floating Peat Formation in Karst Depressions of European Russia // The Open Geography Journal, 2010, 3. Pp. 67-72.
15. Мельников К.С., **Волкова Е.М.**, Чилачава К.Б. Некоторые сведения о свойствах торфов Тульской области // Матер. седьмой всероссийской с международным участием научной школы «Болота и биосфера» (13-15 сентября 2010 г). Томск, 2010. С. 206-210.
16. **Волкова Е.М.** Заболачивание карстовых и карстово-суффозионных депрессий на территории Тульской области // Сб. статей «Направления исследований в современном болотоведении России» (под ред. Юрковской Т.К.). Санкт-Петербург – Тула, 2010. С. 146-163.
17. **Волкова Е.М.**, Прокофьева Е.В., Самощенко Н.В. Особенности разложения растений-торфообразователей в условиях карстовых болот Тульской области (Россия) //

Матер. научной конференции "География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов (к 100-летию профессора Базилевич Н.И.)" (19-22 апреля 2010 г, Россия, Московская область, Пущино). Москва, 2010. С. 235-238.

18. **Волкова Е.М.** Особенности болотообразовательного процесса на северо-востоке Среднерусской возвышенности // Матер. XII съезда Русского ботанического общества и всероссийской конференции «Фундаментальные проблемы ботаники в начале XXI века». 22-27 сентября 2008г. Петрозаводск, 2008. С. 49-51.

19. **Волкова Е.М.,** Вислогузова Д.В. Изменение состояния карстовых провалов и болот у пос. Озерный (Ленинский район, Тульская область) за последние 100 лет // Сб. трудов «Исследования природы Тульской области и сопредельных территорий». Вып. 1. Тула, 2008. С. 134-148.

20. **Волкова Е.М.** Направления использования и последствия освоения болот в Тульской области // Матер. XII Всероссийской научной конференции «Вопросы археологии, истории, культуры и природы Верхнего Поочья». Калуга, 2008. С. 385-389.

21. **Volkova E.M.** Origin and development of mires on the southern boundary of forest vegetation in European Russia // Proceeding of the International Conference "Man and environment in boreal forest zone: past, present, future", July 24-29, 2008, Central Forest State Natural Biosphere Reserve, Russia. 2008. Pp. 104-105.

22. Головченко А.В., **Волкова Е.М.** Численность, запасы и структура микробных комплексов низинных торфяников Тульской области // Матер. 5 научной школы «Болота и биосфера» 11-14 сентября 2006 года. Томск, 2006. С. 158-161.

23. **Волкова Е.М.,** Моисеева Е.В. О развитии сплавинных карстовых болот у пос. Озерный (Ленинский район, Тульская область) // Сб. науч. трудов «Природа Тульской области». Вып. 1. Тула, 2006. С. 106-114.

24. **Волкова Е.М.,** Бурдыкина Е.С. Возникновение, развитие и современное состояние карстовых болот у д. Кочаки (Щекинский район, Тульская область) // Сб. науч. трудов «Природа Тульской области». Вып. 1. Тула, 2006. С. 88-105.

25. **Волкова Е.М.** Болота музея-заповедника «Ясная Поляна»: генезис и современное состояние // Сб. науч. трудов «Биологическое разнообразие Тульского края на рубеже веков». Тула, 2004. С. 80-91.

Изд. лиц. ЛР №020300 от 12.02.97. Подписано в печать 05.06.2018.

Формат бумаги 70×100 1/16. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ 010А.

Отпечатано в Издательстве ТулГУ

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95