

На правах рукописи



Грозовская Ирина Сергеевна

**ОЦЕНКА БИОМАССЫ ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ
ГРУППИРОВОК ВИДОВ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В
БОРЕАЛЬНЫХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владимир – 2014

Работа выполнена в лаборатории моделирования экосистем
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Российской академии наук» (ИФХиБПП РАН)

Научный руководитель
доктор биологических наук, доцент

Бобровский Максим Викторович

Официальные оппоненты:
доктор биологических наук, ФГБУ
Государственный природный
биосферный заповедник «Брянский
лес», ведущий научный сотрудник

Евстигнеев Олег Иванович

кандидат биологических наук,
ФГБУН «Центр по проблемам
экологии и продуктивности лесов
Российской академии наук»,
заместитель директора по науке

Горнов Алексей Владимирович

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук»

Защита состоится 13 марта в 11.00 на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд. 335.

E-mail: sahno_vlgu@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте diss.vlsu.ru. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просьба присылать по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, Кафедра биологии и экологии.

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат биологических наук,
доцент



Сахно О.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный этап развития представлений о структурно-функциональной организации лесных экосистем предполагает необходимость изучения всех его основных компонентов, в том числе напочвенного покрова, под которым будем понимать травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы лесного растительного сообщества. Напочвенный покров является важным компонентом круговорота органического вещества в лесной экосистеме (Аткин, Аткина, 1984; Лукина и др., 2008; Тужилкина, 2012); обладая высокой зольностью, он способствует повышению активности биологического круговорота веществ. Вместе с тем, нижние ярусы растительности, в отличие от древесного яруса, долгое время не учитывали при оценках общей депонирующей емкости лесов. В настоящее время ситуация изменилась в связи с осознанием важности этих компонентов для функционирования лесных экосистем (Bakkenes et al., 2006; Мониторинг..., 2008; Vobbink et al., 2010; De Vries et al., 2010; Смирнова и др., 2011).

Также особенно актуальными становятся вопросы учета вклада напочвенного покрова при моделировании динамики лесных экосистем. В отличие от древостоя, напочвенный покров включает достаточно большое число видов растений, поэтому для моделирования его динамики необходимо выделение групп видов, сходных по биомассе и химическому составу, потребностям в элементах минерального питания, воде и свете, скорости разложения (Комаров и др., 2007). Выделение групп видов напочвенного покрова по биомассе является одной из первых задач в этом ряду. Компоновка видов в группы может осуществляться с учетом пространственного признака. В этом случае группу образуют виды, произрастающие совместно и представляющие собой единицы напочвенного покрова, т.е. микрогруппировки видов, которые могут быть выделены по разным принципам (Ярошенко и др., 1931; Раменский, 1937 и др.). Одним из подходов к выделению групп видов растений, в том числе пространственных, является эколого-ценотический подход (Ниценко, 1965; Смирнова и др., 2004б).

Цель работы – уточнить состав и охарактеризовать биомассу групп видов растений, выделенных с использованием эколого-ценотического подхода в напочвенном покрове бореальных темнохвойных лесов.

Для достижения поставленной цели решали следующие **задачи**:

1. Собрать полевые (экспериментальные) данные по надземной и подземной биомассе видов и групп видов растений в напочвенном покрове старовозрастных темнохвойных лесов, расположенных в подзоне южной тайги.
2. Провести количественный анализ собранных экспериментальных данных, дать сравнительную оценку надземной, подземной и общей биомассы видов и групп видов сосудистых растений и мохообразных в напочвенном покрове исследованных лесов.
3. Оценить вариацию биомассы напочвенного покрова исследованных лесов на разных пространственных уровнях организации растительности.

4. Рассчитать общую, надземную и подземную биомассу сосудистых растений напочвенного покрова разных типов темнохвойных лесов северо-востока Костромской области.

5. Разработать базу данных по биомассе лесного напочвенного покрова на основе сведений из литературных источников и данных авторских полевых исследований.

6. Провести сравнительный анализ авторских и литературных данных по биомассе групп видов напочвенного покрова бореальных лесов.

Объектом исследования являются еловые и пихто-еловые леса северо-востока Костромской области.

Научная новизна. Для темнохвойных лесов северо-востока Костромской области впервые проведено изучение пространственной структуры напочвенного покрова с применением эколого-ценотического подхода. Впервые собран и проанализирован материал по биомассе напочвенного покрова микрогруппировок, выделенных в напочвенном покрове по доминированию видов разных эколого-ценотических групп в исследованных лесных сообществах. Получены данные, которые дополняют литературные сведения по редким типам темнохвойных лесов – высокотравным и крупнопоротниковым. На основе литературных и авторских полевых данных разработана оригинальная база данных по биомассе лесного напочвенного покрова.

Защищаемые положения. Разработанная база данных «Биомасса», источниками которой послужили сведения из научных публикаций и результаты авторских научных исследований, обобщает и структурирует собранную информацию по биомассе напочвенного покрова бореальных лесных экосистем Европейской России. Унификация информации, собранной по биомассе растений напочвенного покрова, позволяет провести ее анализ на разных уровнях пространственного членения растительности.

Микрогруппировки, выделенные в напочвенном покрове по доминирующей эколого-ценотической группе видов, различаются между собой по биомассе сосудистых растений. Значения биомассы напочвенного покрова типа леса зависят, в первую очередь, от состава типов микрогруппировок, слагающих напочвенный покров, и, только во вторую очередь, – от общих условий, связанных с типом леса.

Практическая значимость. Обобщенный в базе данных материал по биомассе напочвенного покрова лесных экосистем, приведенный к единой структуре и форме, доступной для анализа, может использоваться для дальнейшей обработки всего массива данных с различными целями и задачами. Выделенные микрогруппировки напочвенного покрова вместе с характеристиками их биомассы можно использовать в качестве элементарных пространственных единиц при включении напочвенного покрова в модели круговорота лесных экосистем.

Личный вклад автора. Все полевые исследования выполнены непосредственно автором: в 2011–2013 гг. проведены геоботанические описания растительности и собран материал по биомассе сосудистых растений

и мохообразных в семи типах леса. Автором отобран материал по биомассе напочвенного покрова лесных экосистем из литературных источников; собранные экспериментальные и литературные данные внесены автором в базу данных «Биомасса». Автор принимала непосредственное участие в разработке структуры базы данных, в расчетах и анализе собранного материала. По результатам анализа автором сделаны выводы, написан текст диссертации. По теме исследования подготовлены и опубликованы статьи и доклады.

Апробация результатов работы. Материалы диссертации представлены на 12 конференциях: Международной научной конференции, посвященной 110-летию А.А. Уранова «Современные проблемы популяционной экологии, геоботаники, систематики и флористики» (Кострома, 2011); XIX Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 2012); XVI Международной Пущинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пущино, 2012); IV Всероссийской школе-конференции «Актуальные проблемы геоботаники» (Уфа, 2012); Международной научной конференции «Регионы в условиях неустойчивого развития» (Кострома, 2012); II(X) Международной ботанической конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге (Санкт-Петербург, 2012); XVII Международной Пущинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пущино, 2013); Первой Всероссийской молодежной школе-конференции «Современные концепции и методы лесной экологии» (Томск, 2013); V Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению (Пущино, 2013); XXI Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии», посвященной 70-летию А.И. Таскаева (Сыктывкар, 2014); Всероссийской научной конференции «Научные основы устойчивого управления лесами» (Москва, 2014); V Международной конференции «Математическая биология и биоинформатика» (Пущино, 2014).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 работ, из них 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 8 работ в сборниках материалов конференций, 3 работы в сборниках тезисов.

Связь с научными программами и плановыми исследованиями. Работа выполнена при поддержке программы № 30 фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа», проект «Экосистемные функции живого напочвенного покрова бореальных лесов Европейской России».

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 169 страницах, содержит 24 таблицы, 18 рисунков. Работа включает 322 источника литературы, в том числе 79 на иностранных языках.

Благодарности. Автор сердечно благодарит своего научного руководителя д.б.н. М.В. Бобровского за всестороннюю помощь, поддержку и ценные советы во время работы над диссертацией. Выражаю благодарность д.б.н. А.С. Комарову за активную помощь и проведенные консультации по теме диссертации. Автор выражает искреннюю благодарность к.б.н. Л.Г. Ханиной,

к.б.н. В.Э. Смирнову, к.б.н. М.С. Романову, Е.М. Глухой за совместную работу и помощь в обсуждении методики сбора материала, его дальнейшей обработке и анализе. Хочу поблагодарить к.б.н. А.М. Ермолаева за проведенные консультации и важные замечания по работе. Выражаю благодарность д.т.н. профессору О.П. Акаеву за предоставленную возможность проведения работ на базе лаборатории кафедры химии факультета естествознания КГУ им. Н.А. Некрасова. Также выражаю благодарность Е.В. Терентьевой, Н.В. Ивановой, М.П. Шашкову, С.А. Грозовскому за помощь в организации и проведении полевых работ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

В данном разделе рассмотрены некоторые теоретические аспекты, связанные с изучением пространственной структуры лесных фитоценозов. Даны определения основных понятий, используемых при разных способах пространственного членения растительного покрова. Приведена информация о существующих способах выделения микрогруппировок видов в лесном напочвенном покрове. Дан подробный экскурс в историю изучения продуктивности лесных экосистем на территории нашей страны и бывшего СССР (Родин, Базилевич, 1965; Уткин, 1975; Ресурсы биосферы, 1975–1976; Базилевич, 1993; Биопродукционный процесс..., 2001; Базилевич, Титлянова, 2008 и др.). Также даны определения основных понятий, связанных с изучением биологической продуктивности лесных экосистем. Описаны существующие методики по сбору и определению биомассы растений лесного напочвенного покрова. Дана характеристика запасов фитомассы и продуктивности таежных еловых лесов, в том числе по фитомассе напочвенного покрова пихто-ельников высокотравных и крупнопапоротниковых.

Проведенный анализ литературы показал наличие обширного материала по биомассе напочвенного покрова лесных экосистем, однако старовозрастные еловые леса недостаточно изучены. При этом нам неизвестны попытки интегрирования данных по биомассе лесного напочвенного покрова в единую систему. Необходимость обобщения существующей в литературе информации по характеристикам биомассы и продуктивности лесного напочвенного покрова привела нас к разработке базы данных «Биомасса» (Ханина и др., 2013), речь о которой пойдет в 6 главе.

Глава 2. Характеристика района и объектов исследования

Объекты исследования расположены на территории трех административных районов Костромской области: Кологривского, Межевского и Октябрьского. На данной территории были обнаружены крупные массивы относительно ненарушенных южнотаежных лесов, включающие в себя также массивы старовозрастных еловых лесов. Это позволило нам включить в

объекты исследования широкий типологический спектр еловых лесов, в том числе крупноппоротниковые и высокотравные типы леса.

В Кологривском районе исследования проведены в ПГЗ «Кологривский лес». В Межевском районе объектами исследования послужили леса в Никольском и Родинском (проектируемый природный заказник «Мичуг-Конюгский») участковых лесничествах. В Октябрьском районе исследованы лесные сообщества на территории Веденьевского и Луптюгского лесничеств.

Материалы по биомассе напочвенного покрова собраны в семи типах леса: 1) пихто-ельнике бореально-мелкотравно-чернично-крупноппоротниковом; 2) пихто-ельнике разнотравном; 3–4) ельнике черничном (описан в Никольском лесничестве Межевского района и в ПГЗ «Кологривский лес»); 5) липо-ельнике крупноппоротниковом; 6) ельнике бореально-мелкотравном и 7) ельнике высокотравном (Грозовская, 2012, 2014).

Глава 3. Методы исследования

Для оценки биоразнообразия были использованы геоботанические описания растительности, выполненные автором в исследованных типах леса в 2011–2013 гг. Для сопоставления изученных нами сообществ с темнохвойными сообществами Костромской области, исследованными подробно ранее в рамках экспедиций ЦЭПЛ РАН (Луговая, 2008, 2010), использованы геоботанические описания из базы данных FORUS (Smirnova et al., 2006).

Материал по биомассе напочвенного покрова собирали в 2011–2013 гг. в середине–конце июля, в период наибольшего накопления биомассы растениями. Для сбора полевого материала закладывали учетные площади размером 40×40 м. Микрогруппировки видов выделяли на каждой учетной площади по доминирующим видам сосудистых растений. В каждом выделенном типе микрогруппировки закладывали не менее трех площадок 25×25 см, для которых составляли списки видов сосудистых растений и мохообразных с учетом их участия в баллах по шкале Браун-Бланке. Названия видов сосудистых растений даны по сводке С.К. Черепанова (1995); мохообразные определены до рода.

На площадках срезали надземную часть сосудистых растений с разделением на виды; для мохообразных видовой состав не описывали. Надземные побеги кустарничков делили на многолетнюю фотосинтезирующую и многолетнюю нефотосинтезирующую части и листья. Побеги мхов отбирали без деления на фракции. Почвенный монолит размером 25×25 см выкапывали на глубину корнеобитаемого слоя (20–25 см) с последующим разделением подземных частей сосудистых растений по видовой принадлежности (Андреева и др., 2002).

При анализе для каждой площадки 25×25 см рассчитывали суммарную надземную, подземную и общую биомассу растений, которую переводили в г/м². Для анализа площадки группировали по доминирующим видам сосудистых растений, по типам микрогруппировок; тип определяли по принадлежности доминирующих в микрогруппировке видов растений к одной или двум эколого-ценотическим группам (ЭЦГ) и с учетом жизненной формы

видов. В работе использована классификация ЭЦГ, предложенная О.В. Смирновой и Л.Б. Заугольной (Смирнова и др., 2004) и уточненная позже В.Э. Смирновым с соавторами (Смирнов и др., 2006).

Оценку величины биомассы нижних ярусов растительности для типов леса на площадях 40×40 м проводили с учетом доли проективного покрытия, занимаемой каждым типом микрогруппировки.

В анализе данных мы использовали методы описательной статистики и непрямой ординации. Анализ проведен по данным 250 площадок 25×25 см, на которых собрана надземная биомасса напочвенного покрова, 220 площадок, на которых собрана подземная биомасса, а также по данным 257 площадок, для которых составлены списки видов растений с указанием их участия в баллах по шкале Браун-Бланке.

Для сравнения вариации биомассы напочвенного покрова на разных пространственных уровнях – тип леса, участок леса (учетная площадь 40×40 м) и микрогруппировка – выполняли трехфакторный иерархический дисперсионный анализ отдельно для значений надземной и подземной биомассы сосудистых растений.

Для сравнения результатов полевых исследований с литературными данными, из базы отобраны данные по бореальным лесам (32 литературных источника) (Бобкова и др., 1985; Рекомендации по учету надземной биомассы..., 1988; Базилевич, 1993 и др.).

Расчеты проводили в среде статистического программирования R (R Core Team. R..., 2012) и в системе PC-ORD (McCune, Mefford, 2011).

Глава 4. Типология и оценка биоразнообразия растительности исследованных темнохвойных лесов

По результатам типологии геоботанических описаний лесных сообществ, участвовавших в анализе, выделены следующие типы леса: ельники/пихто-ельники бореально-мелкотравные (PcBr), бореально-неморальные (PcBN), бореально-кустарничковые (PcVm), бореально-высокотравные (PcH) и крупнопоротниковые (PcLf). Результаты ординации всего массива описаний показывают (рис. 1), что геоботанические описания, составленные нами, расположены внутри более крупного массива данных; и выделенные типы сообществ, как по большому массиву данных, так и по малому, вполне соответствуют друг другу, т.е. исследованные нами массивы темнохвойных лесов являются вполне типичными для северо-востока Костромской области (рис. 1). Основными градиентами, вдоль которых варьирует растительность, являются почвенные факторы (кислотность, влажность и богатство почвы элементами минерального питания) и фактор освещенности.

Результаты оценки разнообразия растительности исследованных нами типов леса показали, что видовая насыщенность травяно-кустарничкового яруса увеличивается в ряду PcVm (11 видов на 100 м²) – PcLf (14) – PcBr (15) – PcBN (28) – PcH (29). Также самой разнообразной эколого-ценотической структурой отличаются ельники высокотравные, в составе травяно-кустарничкового яруса которых встречены виды семи ЭЦГ.

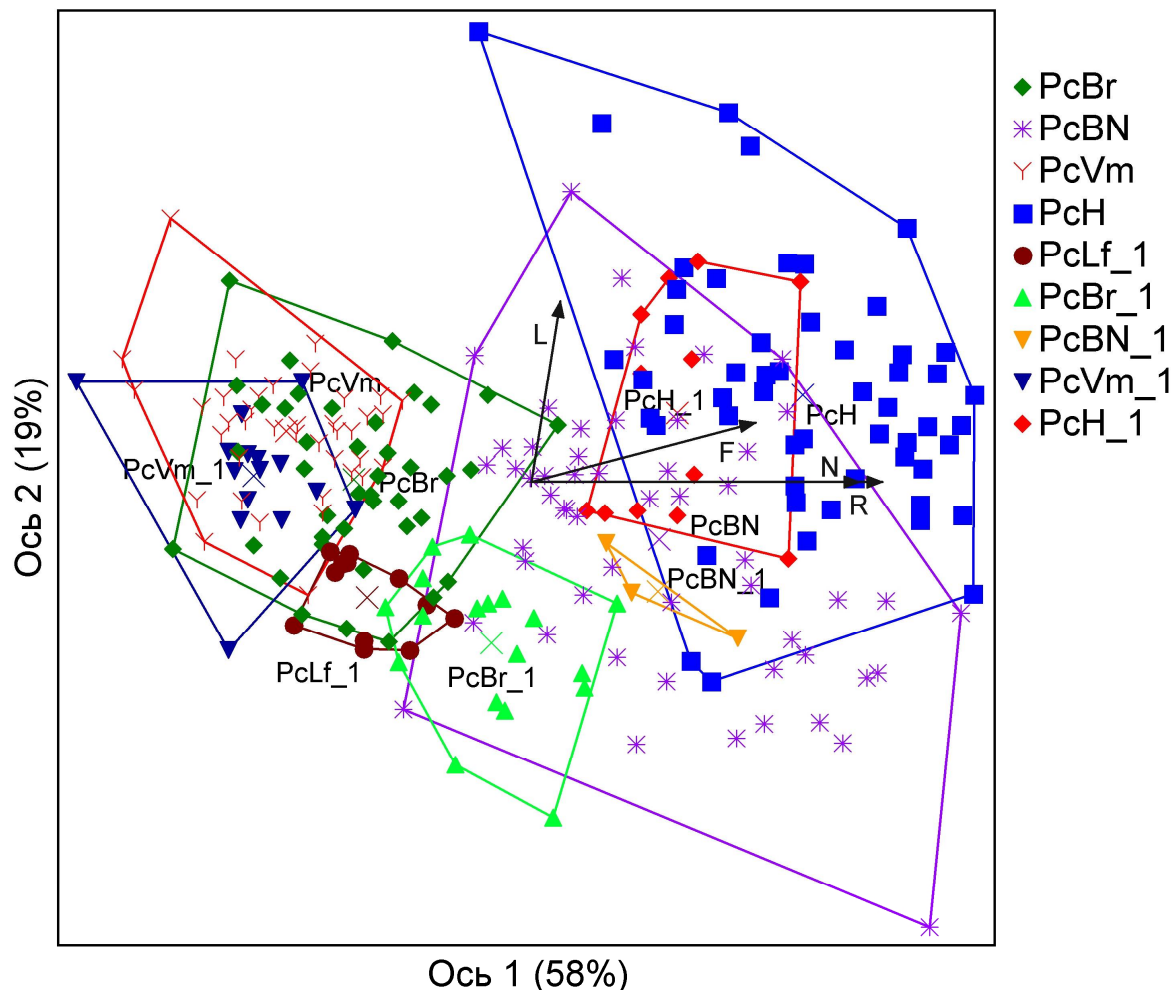


Рисунок 1. Положение геоботанических описаний темнохвойных лесов северо-востока Костромской области в первых двух осях NMS

Обозначения типов леса см. в тексте. PcBr, PcBN, PcVm, PcH – описания из базы данных FORUS; PcLf_1, PcBr_1, PcBN_1, PcVm_1, PcH_1 – описания автора. Векторы отражают корреляцию экологических характеристик видов, рассчитанных по шкалам Э. Ландольта (Landolt et al., 2010), усредненных по площадкам, с осями ординации: N – богатство почвы элементами минерального питания, F – увлажнение почвы, R – кислотность почвы, L – освещенность. Косым крестом отмечены центры групп описаний, относящихся к разным типам леса

Таким образом, наибольшие показатели видовой насыщенности и структурного разнообразия имеют ельники высокотравные, что согласуется с результатами, полученными Д.Л. Луговой (2008, 2010) по исследованию биоразнообразия темнохвойных лесов востока Костромской области.

Глава 5. Оценка биомассы напочвенного покрова в исследованных типах леса

Характеристика микрогруппировок видов. В напочвенном покрове исследованных фитоценозов выделены семь основных типов микрогруппировок: бореально-мелкотравная (Br), бореально-неморальная (BN), бореально-кустарничковая (Vm, Lb), боровая (Pn), злаковая (Gr), крупнопапоротниковая (Lf) и высокотравная (TH) (табл. 1).

Таблица 1. Доминирующие виды в разных типах микрогруппировок

| № | Тип микрогруппировки | Индекс | Виды-доминанты |
|---|--------------------------|--------|--|
| 1 | Бореально-мелкотравная | Br | <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Gymnocarpium dryopteris</i> , <i>Phegopteris connectilis</i> |
| 2 | Бореально-неморальная | BN | <i>Stellaria holostea</i> , <i>Oxalis acetosella</i> |
| 3 | Бореально-кустарничковая | Vm, Lb | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Linnaea borealis</i> |
| 4 | Боровая | Pn | <i>Vaccinium vitis-idaea</i> |
| 5 | Злаковая | Gr | <i>Calamagrostis arundinacea</i> |
| 6 | Крупнопапоротниковая | Lf | <i>Dryopteris dilatata</i> |
| 7 | Высокотравная | TH | <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Diplazium sibiricum</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> |

Биомасса вариантов микрогруппировок, выделенных по доминированию видов сосудистых растений. Анализ значений биомассы в микрогруппировках, выделенных по доминированию видов в почвенном покрове (рис. 2), показал высокое сходство значений надземной и подземной биомассы для всех площадок с доминированием разных видов бореального мелкотравья, что подтверждает правомерность выделения бореально-мелкотравной микрогруппировки как отдельного обобщенного типа. Для площадок с доминированием видов высокотравья также отмечается большое сходство значений биомассы, причем по надземной биомассе это сходство проявляется в большей степени, чем по значениям подземной биомассы.

Ординация площадок. Результаты ординации площадок 25×25 см в двух первых осях NMS свидетельствуют о достаточно хорошем разделении всей совокупности площадок на типы микрогруппировок по значениям надземной и подземной биомассы и баллам участия видов сосудистых растений. Первая ось NMS хорошо коррелирует с факторами кислотности почвы (R) ($r = -0,66$) и переменности увлажнения (W) ($r = 0,75$). Со второй осью коррелируют факторы богатства почвы элементами минерального питания (N) ($r = 0,60$) и освещенности (L) ($r = 0,60$). Результаты ординации площадок говорят об относительно высокой обособленности высокотравной, крупнопапоротниковой, а также бореально-кустарничковой и боровой микрогруппировок по значениям биомассы произрастающих на них видов и о сходстве площадок остальных типов по значениям надземной и подземной биомассы видов сосудистых растений.

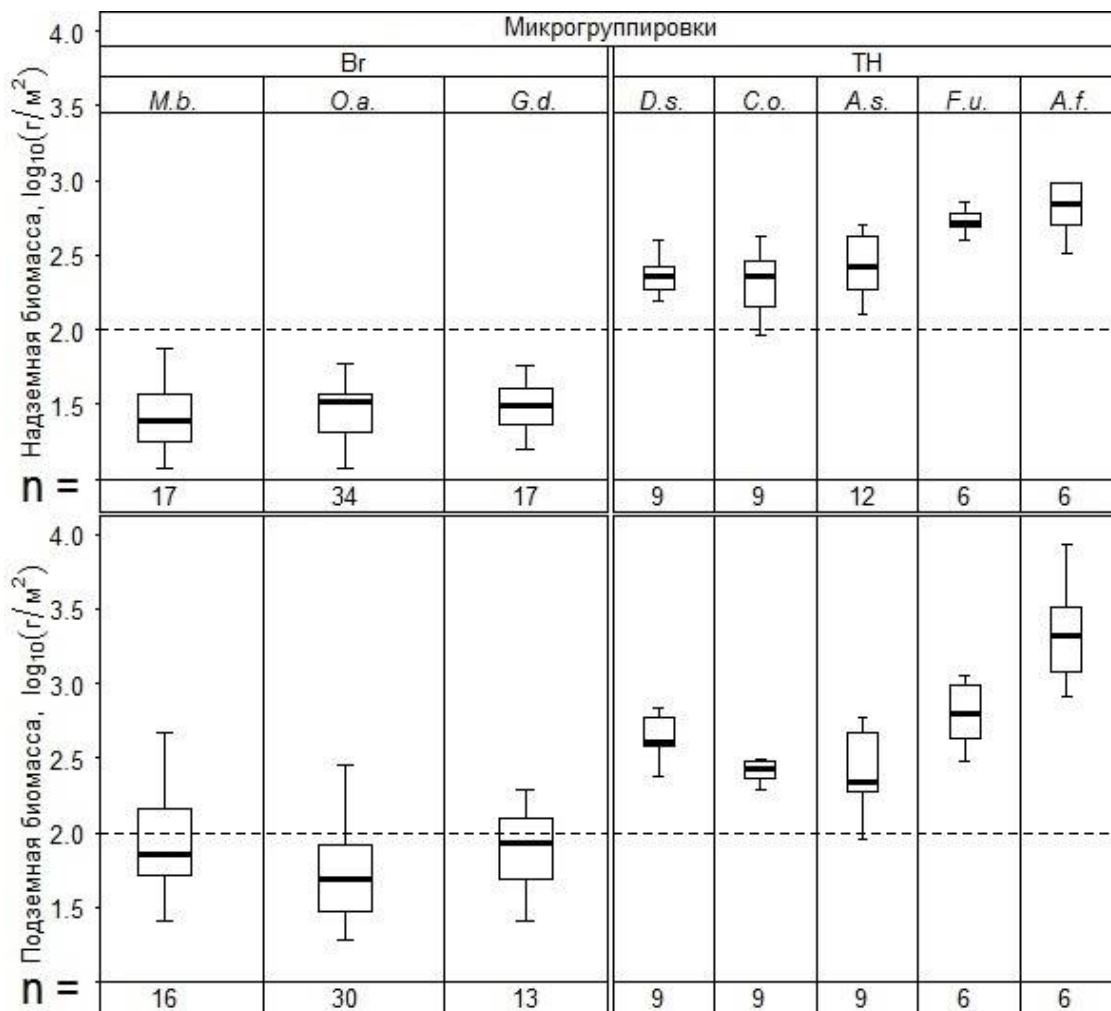


Рисунок 2. Надземная и подземная биомасса микрогруппировок, выделенных по доминированию видов в напочвенном покрове

Числа под осью означают величину выборки (число площадок). Типы микрогруппировок см. табл. 1. Виды-доминанты: *M.b.* – *Maianthemum bifolium*, *O.a.* – *Oxalis acetosella*, *G.d.* – *Gymnocarpium dryopteris*, *D.s.* – *Diplazium sibiricum*, *C.o.* – *Cirsium oleraceum*, *A.s.* – *Aconitum septentrionale*, *F.u.* – *Filipendula ulmaria*, *A.f.* – *Athyrium filix-femina*

В дальнейший анализ мы не включили два типа микрогруппировок из-за малого объема собранных по ним данных: боровую (Pn) и злаковую (Gr), а также вариант бореально-кустарничковой микрогруппировки с доминированием *Linnaea borealis* (Lb). В дальнейшем анализе участвовали пять основных типов микрогруппировок: бореально-мелкотравная, бореально-неморальная, бореально-кустарничковая, крупнопапоротниковая и высокотравная.

Анализ биомассы микрогруппировок. Анализ значений биомассы сосудистых растений и мохообразных в микрогруппировках разных типов (табл. 2, рис. 3) свидетельствует (1) о сходстве бореально-мелкотравного и бореально-неморального типов микрогруппировок при минимальных значениях биомассы; (2) относительной обособленности крупнопапоротникового и высокотравного типов при максимальной их биомассе; (3) промежуточном положении бореально-кустарничкового типа.

Таблица 2. Биомасса растений в разных типах микрогруппировок
(абсолютно сухой вес, г/м²)

| Тип микрогруппировки | Биомасса сосудистых растений | | | Общая биомасса мхов |
|----------------------|------------------------------|----------------|----------------|---------------------|
| | надземная | подземная | общая | |
| Br | 30,64±1,60 | 85,02±9,98 | 109,22±7,48 | 40,36±7,26 |
| BN | 47,30±5,77 | 69,54±10,45 | 118,02±16,08 | 19,52±10,54 |
| Vm | 198,76±12,01 | 193,72±14,71 | 378,04±21,36 | 70,23±12,31 |
| TH | 426,50±82,24 | 801,24±224,04 | 1250,61±308,96 | 23,69±3,96 |
| Lf | 290,37±18,02 | 1163,81±102,48 | 1485,33±121,05 | 12,75±4,00 |
| Число площадок | 235 | 205 | 198 | 108 |

Примечание: в таблице приведены средние значения биомассы и ошибки среднего. Типы микрогруппировок см. табл. 1.

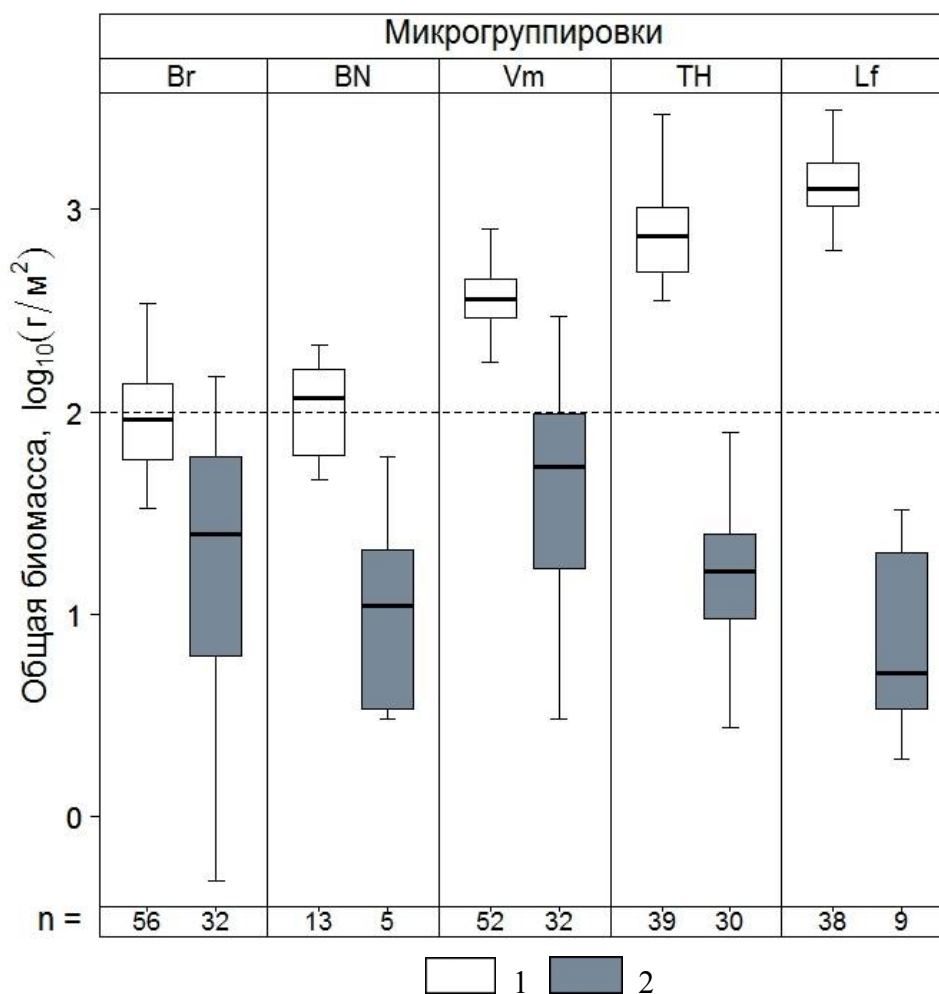


Рисунок 3. Общая биомасса сосудистых растений (1) и мохообразных (2) на площадках по типам микрогруппировок. Числа под осью означают величину выборки (число площадок). Типы микрогруппировок см. табл. 1

Надземная биомасса сосудистых растений возрастает в ряду типов микрогруппировок Br – BN – Vm – Lf – TH. Подземная биомасса сосудистых растений возрастает также, как и общая биомасса, в ряду типов микрогруппировок Br – BN – Vm – TH – Lf (табл. 2, рис. 4). Полученные нами результаты хорошо согласуются с литературными данными, в соответствии с которыми наблюдается увеличение значений медиан надземной и подземной биомассы сосудистых растений в ряду типов микрогруппировок Br – BN – Vm – TH – Lf (рис. 4).

Как значения медиан, так и другие описательные статистики, полученные по авторским полевым данным, близки к результатам, описанным в литературе (рис. 4). Количественный анализ подтвердил наличие существенных различий между микрогруппировками растений, выделенными в напочвенном покрове по доминирующей ЭЦГ видов. Наиболее хорошо эти различия отмечаются по значениям надземной и подземной биомассы сосудистых растений.

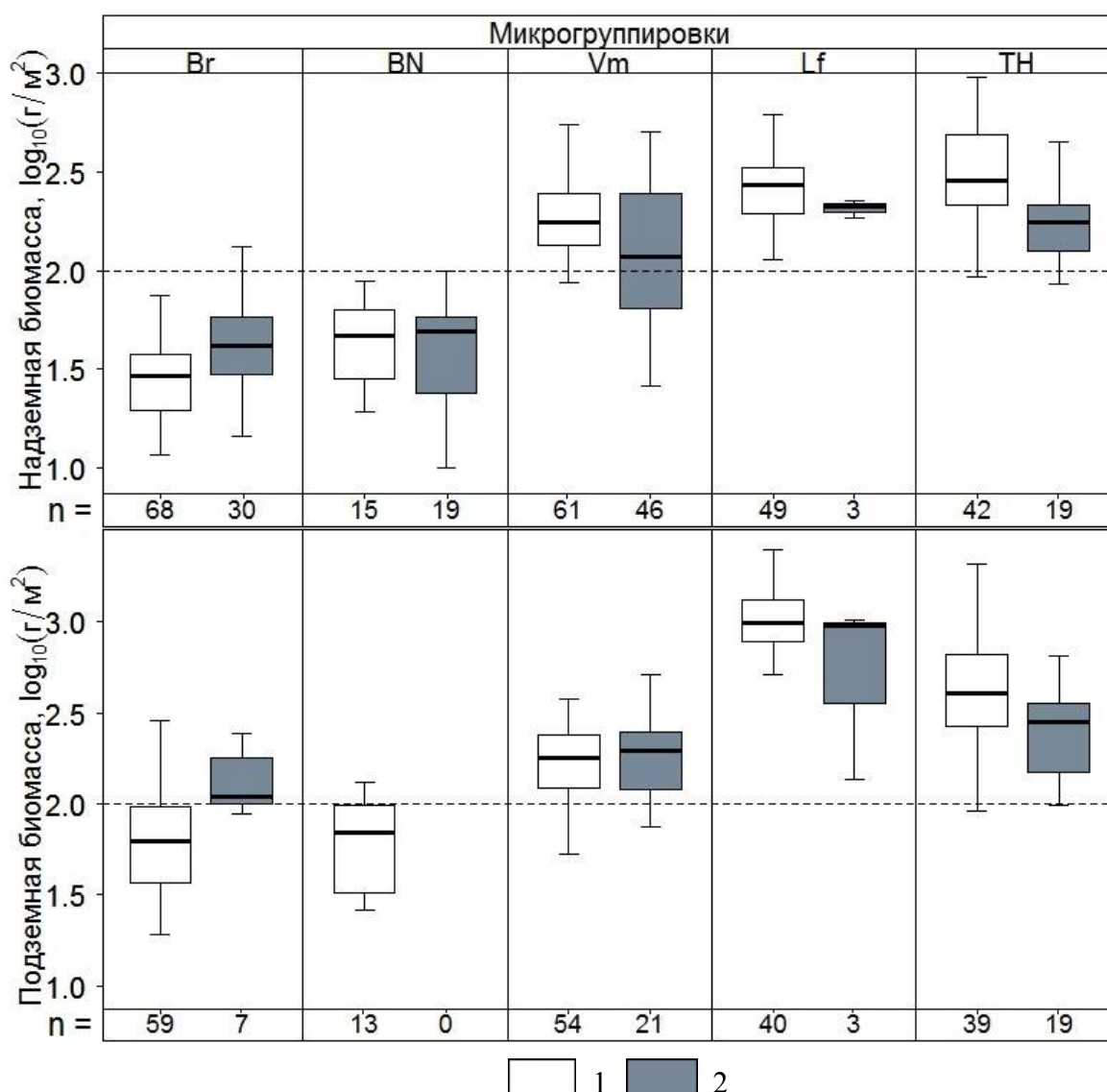


Рисунок 4. Надземная и подземная биомасса сосудистых растений по авторским (1) и литературным (2) данным. Числа под осью означают величину выборки (число площадок). Типы микрогруппировок см. табл. 1

Результаты дисперсионного анализа показали, что два фактора из трех статистически значимо влияют на надземную и подземную биомассу сосудистых растений напочвенного покрова – это тип леса и микрогруппировки (табл. 3). Фактор участок леса (учетная площадь 40×40 м) оказался статистически не значимым. Отметим, что микрогруппировки отвечают за существенно бóльшую долю дисперсии биомассы, чем тип леса, и для подземной биомассы различия во влиянии факторов проявляются сильнее, чем для надземной. Результаты, полученные в ходе анализа, показали, что биомасса напочвенного покрова того или иного типа леса определяется, в первую очередь, именно составом типов микрогруппировок, слагающих напочвенный покров, и только во вторую очередь – общими условиями, связанными с данным типом леса.

Таблица 3. Компоненты дисперсии (КД) в процентах и Р-значения для типов леса и микрогруппировок*

| Источники вариации | Надземная биомасса | | Подземная биомасса | |
|---------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | КД, % | <i>P</i> | КД, % | <i>P</i> |
| Тип леса | 27,4 | 0,001 | 16,1 | 0,002 |
| Микрогруппировки | 62,5 | 0,000 | 68,2 | 0,000 |
| Остаточная вариация | 10,1 | | 15,7 | |

*Площадки 40×40 м – статистически незначимый фактор, его компонент дисперсии равен нулю

Биомасса напочвенного покрова в исследованных типах леса. Общая биомасса сосудистых растений в напочвенном покрове разных типов леса, рассчитанная с учетом доли проективного покрытия каждого типа микрогруппировки, варьирует от 2,8 до 12 т/га, увеличиваясь в ряду: ельник бореально-мелкотравный – пихто-ельник бореально-неморальный – ельник бореально-кустарничковый – ельник крупнопапоротниковый – ельник высокотравный.

Глава 6. База данных биомасса и ее анализ

Разработанная нами база данных (БД) по надземной и подземной биомассе видов и групп видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников включает, прежде всего, информацию по бореальным и гемибореальным лесам Европейской России. В БД вошли сведения из 80 научных публикаций (с 1962 по 2012 гг.), которые были оформлены в виде 5996 записей. По полевым материалам, собранным автором, в БД добавлены 2779 записей. Одна запись в БД соответствует одному измерению биомассы (одной навеске).

Для сравнения результатов полевых исследований и литературных данных проведен общий статистический анализ БД по биомассе пространственных единиц напочвенного покрова, – площадок, объединенных в типы микрогруппировок по доминирующей ЭЦГ (рис. 4). Дополнительно, был проведен анализ БД по биомассе видов разных ЭЦГ (рис. 5).

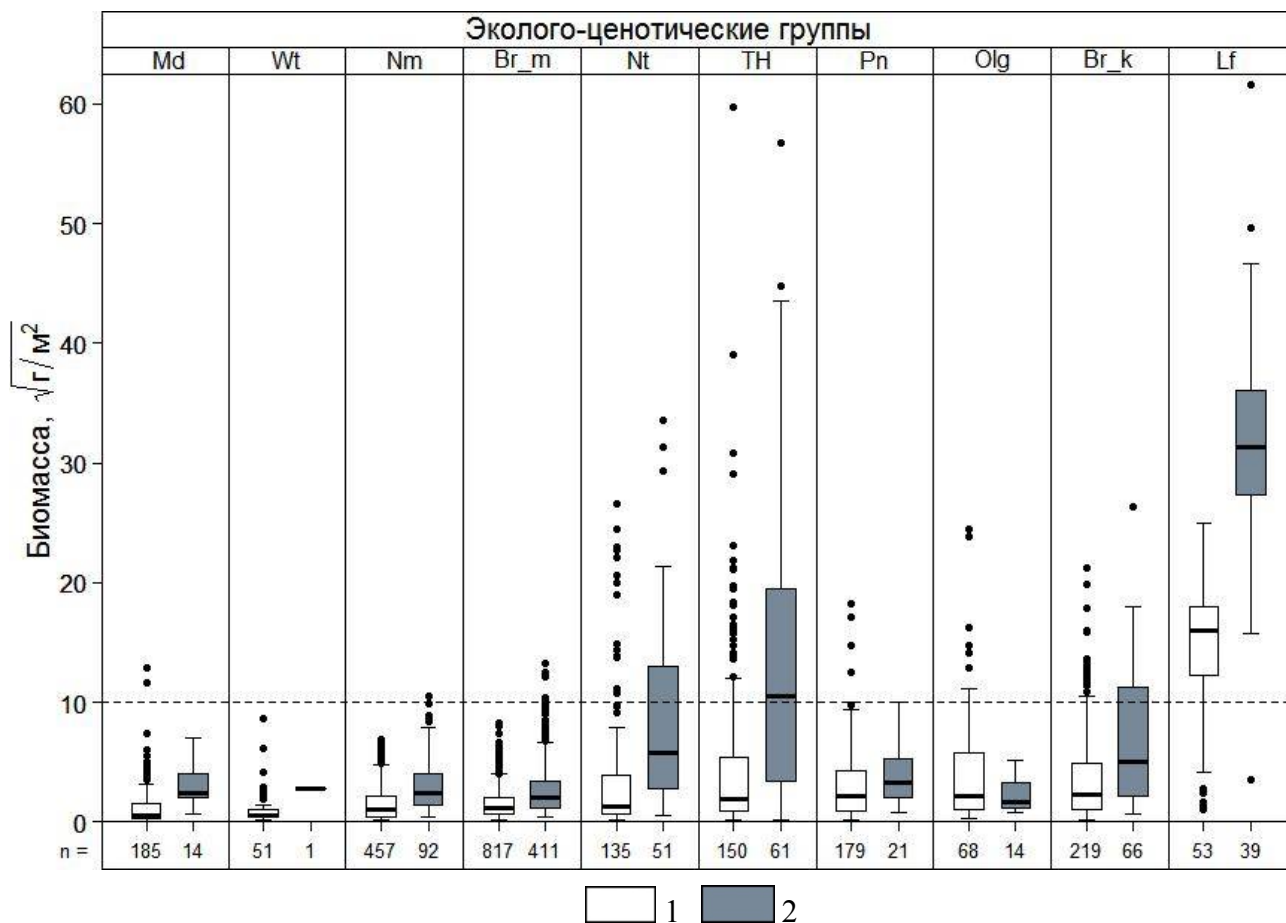


Рисунок 5. Диаграмма значений надземной (1) и подземной (2) биомассы видов разных ЭЦГ

Числа под осью означают величину выборки (число площадок). Отдельными точками изображены выбросы. ЭЦГ (Смирнова и др., 2004; Смирнов и др., 2006): Md – лугово-опушечная, Wt – водно-болотная, Nm – неморальная, Br_m – бореально-мелкотравная, Nt – нитрофильная, TH – высокотравная, Pn – боровая, Olg – олиготрофная, Br_k – бореально-кустарничковая, Lf – крупнопоротниковая

Анализ значений надземной и подземной биомассы показал наличие относительного сходства по биомассе видов выделенных ЭЦГ (рис. 5). Исключение составляет только крупнопоротниковая группа (представленная *Dryopteris dilatata*), медиана значений которой превышает медианы значений биомассы других ЭЦГ в 20 раз. Подземная биомасса разных ЭЦГ отличается в большей степени, чем надземная (рис. 5).

Результаты сравнительного анализа значений надземной и подземной биомассы сосудистых растений на площадках, расположенных в микрогруппировках, выделенных по доминированию видов разных ЭЦГ в напочвенном покрове (рис. 6), показывают наличие достаточно четко ранжированного ряда, в котором слева направо увеличиваются значения как медиан, так и остальных характеристик выборок. При таком варианте группировки данных наблюдается меньше выбросов по сравнению с группировкой данных по ЭЦГ (рис. 5); также наблюдается более согласованное увеличение значений подземной биомассы при увеличении значений надземной биомассы.

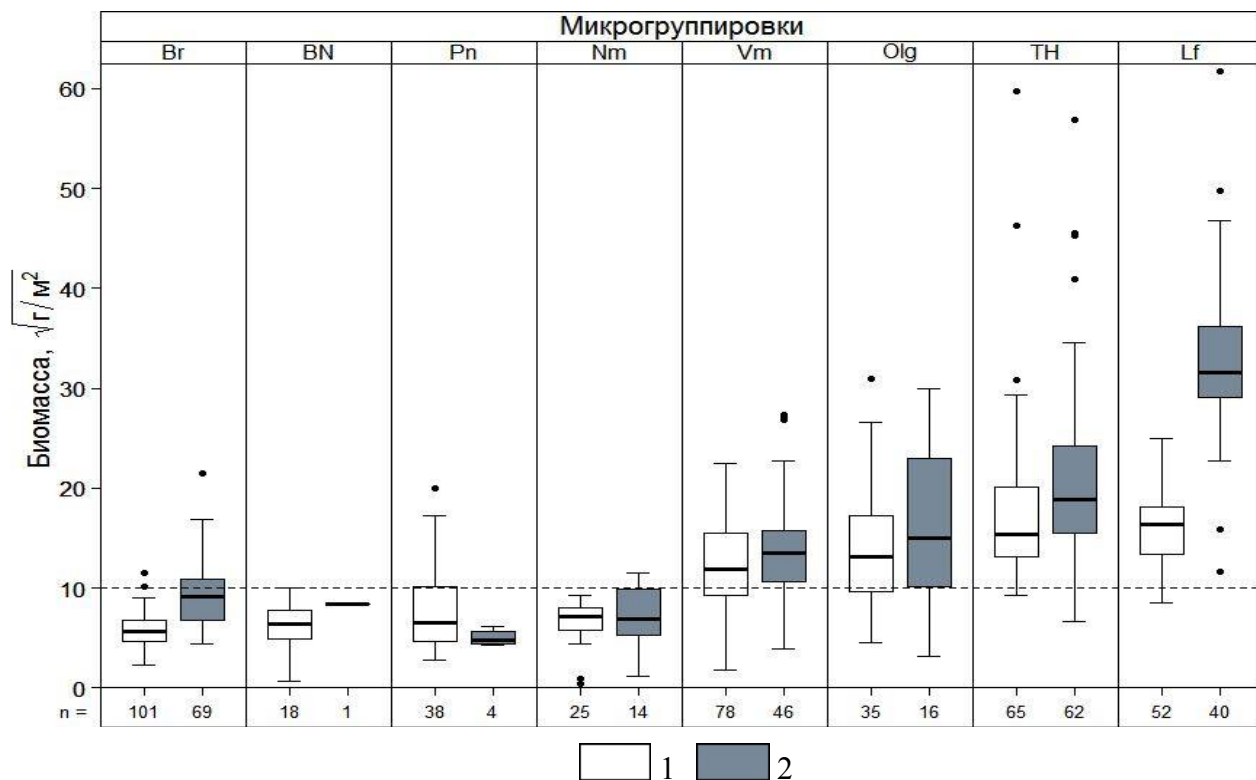


Рисунок 6. Диаграмма значений надземной (1) и подземной (2) биомассы сосудистых растений на площадках, расположенных в микрогруппировках, выделенных по доминированию видов разных ЭЦГ в напочвенном покрове

Числа под осью означают величину выборки (число площадок). Отдельными точками изображены выбросы. Типы микрогруппировок: Br – бореальная, BN – бореально-неморальная, Pn – боровая, Nm – неморальная, Vm – бореально-кустарничковая, Olg – олиготрофная, TH – высокотравная, Lf – крупнопоротниковая

Таким образом, анализ базы данных по биомассе видов и групп видов сосудистых растений подтвердил наличие существенных различий между микрогруппировками, выделенными в напочвенном покрове по доминирующей ЭЦГ видов. Варьирование значений биомассы внутри одного типа микрогруппировки заметно меньше, чем варьирование значений биомассы внутри одной ЭЦГ видов. Микрогруппировки, выделенные в напочвенном покрове по доминирующей ЭЦГ, могут использоваться при решении задачи генерализации напочвенного покрова при включении его в модели круговорота лесных экосистем.

ВЫВОДЫ

1. Анализ значений биомассы в микрогруппировках, выделенных по доминированию видов напочвенного покрова старовозрастных темнохвойных лесов, расположенных в подзоне южной тайги, показал высокое сходство значений надземной и подземной биомассы сосудистых растений для площадок с доминированием разных видов, относящихся к одной эколого-ценотической группе.

2. Количественный анализ биомассы напочвенного покрова выявил наличие существенных различий между типами микрогруппировок растений,

выделенных по доминированию видов разных эколого-ценотических групп. Общая биомасса сосудистых растений увеличивается в ряду от бореально-мелкотравной (в среднем 109 г/м^2), бореально-неморальной (118 г/м^2), бореально-кустарничковой (378 г/м^2) к высокотравной (1251 г/м^2) и крупнопоротниковой (1485 г/м^2) микрогруппировкам. Общая биомасса мохообразных различается между разными типами микрогруппировок в меньшей степени, чем значения биомассы сосудистых растений.

3. Дисперсионный анализ экспериментальных данных показал, что тип леса и микрогруппировки статистически значимо влияют на надземную и подземную биомассу сосудистых растений напочвенного покрова. Микрогруппировки отвечают за существенно бóльшую долю дисперсии биомассы, чем тип леса; для подземной биомассы различия во влиянии факторов проявляются сильнее, чем для надземной биомассы.

4. Общая биомасса сосудистых растений в напочвенном покрове исследованных темнохвойных лесов северо-востока Костромской области, рассчитанная с учетом доли проективного покрытия каждого типа микрогруппировки, составляет от 2,8 т/га в ельнике бореально-мелкотравном до 12,1 т/га в ельнике высокотравном.

5. Создана база данных, содержащая материалы по биомассе и продуктивности лесного напочвенного покрова из 80 научных публикаций (5996 записей) и оригинальные авторские данные (2779 записей). Данные из литературы собраны в 104 точках полевых исследований, 197 типах леса, экспериментальные данные – в трех районах исследований, в семи типах леса. В базе данных содержатся сведения по биомассе 232 видов сосудистых растений и 32 видов мохообразных.

6. Результаты количественного анализа авторских полевых данных по надземной и подземной биомассе микрогруппировок видов напочвенного покрова бореальных лесов хорошо согласуются с литературными данными. В моделях круговорота лесных экосистем более перспективно использование эколого-ценотических микрогруппировок видов, чем групп видов, выделенных без учета пространственного признака.

Основные публикации по теме диссертации

В изданиях из списка ВАК

1. Грозовская И.С. Материалы к флоре редких видов Поветлужья (Костромская область) / И.С. Грозовская, Н.В. Иванова, С.А. Грозовский [и др.] // Вестн. КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2011. – Т. 17, № 5–6. – С. 32–36.

2. Грозовская И.С. Биопродукционные характеристики живого напочвенного покрова старовозрастных пихто-ельников северо-востока Костромской области // Изв. Самарского НЦ РАН. – 2012. – Т. 14, № 1(6). – С. 1445–1448.

3. Ханина Л.Г. Анализ базы по биомассе лесного напочвенного покрова для моделирования его динамики в круговоротных моделях лесных экосистем / Л.Г. Ханина, И.С. Грозовская, В.Э. Смирнов [и др.] // Хвойные бореальные зоны. – 2013. – Т. 31, № 1–2. – С. 22–29.

4. Иванова Н.В. Находки редких видов растений на территории Родинского участкового лесничества (Межевской район, Костромская область) / Н.В. Иванова, М.П. Шашков, И.С. Грозовская [и др.] // Вестн. КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2013. – № 1. – С. 9–12.

5. Грозовская И.С. Биомасса напочвенного покрова в еловых лесах Костромской области / И.С. Грозовская, Л.Г. Ханина, В.Э. Смирнов [и др.] // Лесоведение. – 2015. – № 1. (принята к печати)

6. Ханина Л.Г. Функциональные группы видов и микрогруппировки лесного напочвенного покрова для моделирования его динамики / Л.Г. Ханина, М.В. Бобровский, В.Э. Смирнов, И.С. Грозовская [и др.] // Математическая биология и биоинформатика. – 2015. – № 1. (принята к печати)

В других изданиях

7. Грозовская И.С. База данных по биомассе групп видов сосудистых растений травяно-кустарничкового яруса лесных сообществ для разработки модели напочвенного покрова в системе моделей EFIMOD-DLES // Современные проблемы популяционной экологии, геоботаники, систематики и флористики: материалы Международной научной конференции, посвященной 110-летию А.А. Уранова; отв. ред. и сост. Ю.А. Дорогова, Л.А. Жукова, И.Г. Криницын, В.П. Лебедев. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2011. – Т. 1. – С. 309–315.

8. Ханина Л.Г. Базы данных для моделирования динамики живого напочвенного покрова лесных экосистем / Л.Г. Ханина, М.С. Романов, М.В. Бобровский, Н.В. Лукина, И.С. Грозовская [и др.] // Математическая биология и биоинформатика: материалы докладов IV Международной конференции; под ред. В.Д. Лахно. – М.: Изд-во МАКС Пресс, 2012. – С. 202–203.

9. Грозовская И.С. Оценка биомассы микрогруппировок живого напочвенного покрова пихто-ельников северо-востока Костромской области // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов XIX Всероссийской молодежной научной конференции. – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2012. – С. 14–16.

10. Грозовская И.С. Оценка биоразнообразия и продукционных характеристик живого напочвенного покрова пихто-ельников Поветлужья Костромской области // Биология – наука XXI века: тезисы докладов XVI Международной Пущинской школы-конференции молодых ученых. – Пущино: ПНЦ РАН, 2012. – С. 353–354.

11. Грозовская И.С. Видовое и структурное разнообразие некоторых старовозрастных ельников и пихто-ельников северо-востока Костромской области // Регионы в условиях неустойчивого развития: материалы докладов Международной научной конференции. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2012. – С. 64–69.

12. Грозовская И.С. Сравнительная характеристика биомассы микрогруппировок живого напочвенного покрова в высокотравном и крупнопапоротниковом типах леса северо-востока Костромской области //

Биология – наука XXI века: тезисы докладов XVII Международной Пущинской школы-конференции молодых ученых. – Пущино: ПНЦ РАН, 2013. – С. 523–524.

13. Грозовская И.С. Сравнительный анализ биомассы пространственных микрогруппировок видов напочвенного покрова в еловых лесах Костромской области с литературными данными / И.С. Грозовская, В.Э. Смирнов, Л.Г. Ханина [и др.] // Современные концепции и методы лесной экологии: материалы докладов Первой Всероссийской молодежной школы-конференции. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2013. – С. 51–54.

14. Грозовская И.С. Сравнительный анализ состава и биомассы микрогруппировок видов напочвенного покрова в хвойных лесах Костромской области / И.С. Грозовская, Л.Г. Ханина, М.В. Бобровский [и др.] // Разнообразие лесных почв и биоразнообразие лесов: сборник материалов V Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению с международным участием, посвященной памяти проф. Л.О. Карпачевского и проф. А.С. Владыченского. – Пущино: ИФХиБПП РАН, 2013. – С. 73–74.

15. Грозовская И.С. Биомасса пространственных микрогруппировок растений напочвенного покрова в темнохвойных лесах Костромской области / И.С. Грозовская, Л.Г. Ханина, М.В. Бобровский [и др.] // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сборник материалов V Международной научной конференции. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. – С. 114–118.

16. Грозовская И.С. Биомасса напочвенного покрова в старовозрастных темнохвойных лесах Костромской области // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов XXI Всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 70-летию А.И. Таскаева. – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2014. – С. 172–177.

17. Грозовская И.С. Биомасса напочвенного покрова старовозрастных темнохвойных лесов Костромской области / И.С. Грозовская, Л.Г. Ханина, В.Э. Смирнов [и др.] // Научные основы устойчивого управления лесами: тезисы Всероссийской научной конференции. – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 58–60.