



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 5
(187)

В номере

ЮБИЛЕЙ К.С. БОБКОВОЙ 2

СТАТЬИ

- Осипов А., Бобкова К.** Динамика строения древостоя и фитомассы растений
напочвенного покрова в сосняках черничных средней тайги 6
- Кутявин И.** Роль возрастной структуры древостоев в строении коренных сосняков
бассейна верхней и средней Печоры 10
- Манов А.** Зависимость радиального прироста сосны обыкновенной
от климатических факторов в островном массиве бора лишайникового
Печорского Заполярья 14
- Кузнецов М.** Запасы и потоки органического углерода в системе почва–фитоценоз
ельника чернично-сфагнового средней тайги Республики Коми 17
- Робакидзе Е., Торлопова Н.** Состояние подроста ели под пологом еловых древостоев
в черничных типах леса в условиях аэротехногенного загрязнения 20
- Тарасов С.** Изучение температурных полей в лесной экосистеме
в зависимости от пространственных координат и времени 24

С 2012 г. издается шесть раз в год.

Издается
с 1996 г.

Главный редактор: д.б.н. С.В. Дегтева
Зам. главного редактора: к.б.н. И.Ф. Чадин
Ответственный секретарь: И.В. Рапога
Редакционная коллегия: д.б.н. В.В. Володин, к.х.н. Б.М. Кондратенко,
к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. Е.Н. Мелехина, д.б.н. А.А. Москалев,
к.б.н. А.Н. Петров, к.с.-х.н. Н.В. Портнягина, д.б.н. Г.Н. Табаленкова,
д.б.н. А.Л. Федорков, к.б.н. Т.П. Шубина



ЮБИЛЕЙ К.С. БОБКОВОЙ



Капитолина Степановна Бобкова – известный ученый в области таежно-лесоведения и лесоводства, лесной экологии. Вся ее трудовая деятельность связана с Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН.

Капитолина Степановна родилась 4 ноября 1939 г. Ее детство и школьные годы прошли в с. Ыб Сыктывдинского района Республики Коми. Она жила с мамой, отец – уважаемый в селе человек, директор школы – погиб на войне. Воспитывали Капу мама, бабушка, многочисленные родственники, соседи, да и сама жизнь с заботами по хозяйству. К моменту окончания школы Капитолина решила получить высшее образование. Она поступила в Архангельский лесной институт, чтобы получить специальность инженера лесного хозяйства. До третьего курса ее одолевали сомнения в правильности своего выбора. Но уже после первых учебных практик, которые проходили в таежных лесах, она вернулась в стены alma mater уверенная в том, что ее будущее может быть связано только с лесной наукой. И на третьем курсе начала осваивать научные азы в кружке лесной таксации.

Во время учебы Капитолина Степановна принимала активное участие в жизни Архангельского лесного института, любила спорт, особенно лыжи и слалом. Участвовала во всех видах спортивных соревнований, но лыжи на всю жизнь остались любимым видом спорта. Уже работая в науке, она долгие годы состояла в сборной Института биологии и Коми ФАН по лыжам. Три раза в составе сборной Коми ФАН принимала участие в акадеиаде РАН по лыжным гонкам.

В 1962 г. на распределении выпускников Капитолина Степановна выбрала Сыктывкар. В Коми филиале АН СССР в ту пору функционировали лаборатории почвоведения, геоботаники, гидробиологии и лесоведения. Последней руководил кандидат



К.С. Бобкова

сельскохозяйственных наук Николай Александрович Лазарев. Рядом с ним работали Василий Дмитриевич Надуткин, Анатолий Николаевич Модянов, Тамара Леонидовна Богданова, почвовед Любовь Александровна Верховланцева, Любовь Николаевна Фролова и др.

Капитолина Степановна активно подключилась к научным исследованиям под руководством Н.А. Лазарева. Она принимала участие в разработке научных основ лесопользования, воспроизводства и улучшения лесов Республики Коми (1963-1965), изучала зональные изменения биологических свойств главных древесных пород

и продуктивность лесов (1966-1970), возглавляла экспедиционные отряды (1963-1969 гг.), изучала различные направления лесоведения, пополняла научный багаж. В то же время она разрабатывала новую перспективную научную тему, посвященную роли корневых систем древесных растений в условиях Севера. В 1969-1972 гг. Капитолина Степановна проходила обучение в очной аспирантуре, ее научным руководителем был профессор Анатолий Васильевич Веретенников. В 1974 г. в Санкт-Петербургской лесотехнической академии она блестяще защитила кандидатскую диссертацию «Рост и формирование корней сосны и ели в условиях северной тайги» по специальности «физиология растений».

В 1976-1980 гг. Капитолина Степановна участвовала в прогнозировании изменений природных комплексов в связи с переброской части стока Печоры в Волгу и строительством водохранилищ. В этой сложной комплексной работе были задействованы несколько академических и ведомственных институтов, в том числе Институт биологии, где Капитолина Степановна занималась темой «Изменения лесных экосистем и ресурсов». Позднее Капитолина Степановна участвовала совместно со специалистами Института биологии и Коми филиала АН в прог-



В Печоро-Илычском заповеднике. Слева направо: В.В. Тушилкина, Е.С. Кузьмина, К.С. Бобкова, А.Ф. Осипов.



На Ляльском стационаре. Слева направо: А.И. Таскаев, К.С. Бобкова, С.П. Швецов, С.И. Тарасов, А.Г. Валуysких.



Березки-подружки. Слева Э.П. Галенко.



Привал. Слева направо: И.Н. Кутявин, Н.В. Торлопова, К.С. Бобкова.

нозировании последствий строительства АЭС в Удорском районе, а также газопровода «Ямал–Центр».

В 1990 г. в Красноярском Институте леса и дресины СО РАН Капитолиной Степановной была защищена докторская диссертация «Экологические основы продуктивности хвойных лесов европейского Северо-Востока». В 2002 г. ей присвоено звание профессора.

Ученица профессора А.В. Веретенникова и последовательница Н.А. Лазарева – основателя комплексных стационарных лесобиологических исследований на Севере, Капитолина Степановна в настоящее время сама является научным руководителем комплексных биогеоценологических исследований на лесозоологических стационарах северной и сред-

ней тайги. За ее плечами не один десяток экспедиций, сотни километров лесных троп в Коми крае.

Следует отметить, что лесозоологические стационары являются экспериментальными объектами для изучения закономерностей развития таежных лесов на территории северо-востока России. Первый стационар был создан в 1966 г. в Зеленоборске Печорского района. На основе многолетних стационарных исследований, выполненных в северной подзоне тайги, были установлены экологические и географические закономерности структурной организации и продуктивности в разных типах сосновых и еловых лесов. В 1974 г. создали Чернамский стационар в Сыкдывдинском районе, а чуть позднее – Ляльский стационар в Княжпогостском. Были



Со своими учениками.



Капитолина Степановна (крайняя слева) не упустит возможности прокатиться на лыжах.



К.С. Бобкова и И.Н. Кутявин делают почвенный разрез.



Исследования вырубki с соискателем Н.В. Лихановой (слева) на Чернамском стационаре.

заложены и оборудованы постоянные пробные площади, на которых в течение многих лет сотрудники отдела лесобиологических проблем Севера под руководством Капитолины Степановны проводят исследования структурно-функциональной организации хвойных и лиственно-хвойных фитоценозов, экологических факторов, определяющих видовой состав, структуру и первичную продукцию сообществ, круговорота вещества и энергии в лесных экосистемах. Результаты многолетних стационарных исследований опубликованы в монографиях «Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока» (1987), «Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского Северо-Востока» (1993), «Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера» (2001), «Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции» (2006), «Углерод в лесных и болотных экосистемах особо охраняемых природных территорий Республики Коми» (2014) и др.

Капитолина Степановна была научным руководителем комплексных биогеоценологических исследований по грантам ФЦНТП (1998-2004 гг.): «Глобальные изменения климата», «Российский лес»,

«Экология и рациональное природопользование», пяти грантов РФФИ (1993-2009 гг.), двух тем Программ фундаментальных исследований РАН: «Научные основы сохранения биоразнообразия России» (2003-2008 гг.) и «Окружающая среда в условиях изменяющегося климата» (2009-2011 гг.), направленных на изучение биоразнообразия фитоценозов, функционирования лесных экосистем, оценку роли лесов северного региона в углеродном цикле атмосферы.

К.С. Бобкова принимала активное участие в выполнении международных проектов Института биологии: Spice (2000-2004 гг.) по теме «Устойчивое развитие Печорского региона», раздел «Лес и глобальные изменения»; Omrisk (2006-2008 гг.) «Воздействия и риск антропогенных нарушений на почвы, динамику углерода в экосистемах с подзолистыми почвами», Clobal change and «Ecosystems» Project FP6-2005 – Clobal-4 (2006-2009 гг.) раздел «Динамика лесов», научным консультантом в разделе «Углеродный компонент» Проекта ПРООН/ГЭФ «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми (2009-2011).

Опыт и знания Капитолины Степановны востребованы в научно-организационной деятельности: она



К.С. Бобкова (в центре) руководит мониторинговыми работами в Печоро-Илычском заповеднике.



Члены комиссии РАН по проверке деятельности Института на Ляльском стационаре.

является членом Ученого совета и Совета по защите диссертаций Института биологии, входит в состав редколлегии журналов «Лесоведение» и «Труды Карельского НЦ». Она состоит в Русском ботаническом обществе, Обществе физиологов растений, Русском географическом обществе. За свои заслуги Капитолина Степановна награждена медалью «Ветеран труда», знаком «За безупречную службу Республике Коми», почетными грамотами Президиума Верховного Совета Республики Коми, Совета Министров Коми АССР, Президиума АН СССР. Она – Заслуженный работник Республики Коми, лауреат Государственной премии Республики Коми, Почетный гражданин Сыктывдинского района.

Сегодня Капитолина Степановна Бобкова продолжает активно работать в должности главного научного сотрудника Института биологии. Она автор (соавтор) более 250 научных работ, в том числе 10 монографий. Под ее руководством разрабатывается теория биопродукционного процесса и устойчивости лесных экосистем Севера, проводятся исследования по оценке бюджета углерода в лесных сообществах и трансформации лесных фитоценозов в зоне действия крупных лесопромышленных производств. Ее работы в области лесной экологии, биогеоценологии, в частности, по вопросам биологической продуктивности лесных фитоценозов, обмена вещества и энергии в лесных сообществах Северо-Востока европейской тайги известны и признаны как в России, так и за рубежом.

Капитолина Степановна – пример гармоничного сочетания научно-исследовательской деятельности

с педагогической. Под ее руководством подготовили и успешно защитили диссертации 10 кандидатов наук.

Помимо научной и педагогической работы Капитолина Степановна ведет активную общественную деятельность. При ее активном участии при Музее истории и культуры Сыктывдинского района создан Клуб ученых, который объединил научных работников, вышедших из сел и деревень муниципалитета. По инициативе клуба проводятся малые академические чтения в школах. Капитолина Степановна – самый активный, мобильный и отзывчивый ученый в деле воспитания в среде сельской молодежи нового поколения будущих ученых, современной интеллигенции.

От всей души поздравляем Вас, дорогая Капитолина Степановна, с юбилеем! Желаем долгих лет жизни, крепкого здоровья и счастья, дальнейшей плодотворной профессиональной деятельности, успешной творческой работы в обобщении накопленного Вами богатейшего научного материала!

Мы преклоняемся перед Вашими глубокими знаниями, сочетающимися с мудростью и жизненным опытом, неиссякаемой творческой активностью и стремлением достичь новых вершин! Искренне восхищаемся Вами как обаятельной женщиной, заботливой мамой и бабушкой, излучающей свет и добро!

Коллектив Института биологии



**ДИНАМИКА СТРОЕНИЯ ДРЕВОСТОЯ И ФИТОМАССЫ РАСТЕНИЙ
НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В СОСНЯКАХ ЧЕРНИЧНЫХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

Основные леса на территории Республики Коми занимают около 7.1 млн га и образованы сосной обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) [6]. В условиях бореального пояса растения нижних ярусов выполняют несколько важных экологических функций: вносят существенный вклад в формирование биоразнообразия лесов [4]; конкурируют с всходами деревьев, влияют на формирование древесного яруса [21]; создают тесные связи с микоризами; играют значительную роль в накоплении органического вещества и биологическом круговороте веществ лесных экосистем [3]; служат индикаторами сукцессий при восстановлении после нарушений [19]. Кроме того, они являются ценным источником сырья для фармацевтической и пищевой промышленности [7]. Запасы фитомассы растений основных фитоценозов европейской тайги определены для естественных лесных фитоценозов [2, 5, 12, 15]. Представляет интерес изучение динамики накопления органической массы растений напочвенного покрова лесных насаждений в связи с развитием древесного яруса сосняков.



А. Осипов



К. Бобкова

Целью данной работы является определение динамики строения древостоя и фитомассы растений напочвенного покрова среднетаежных сосняков черничных при переходе из средневозрастных в спелые.

Материал и методы

Под руководством К.С. Бобковой в начале 70-х годов XX в. был организован Чернамский лесной стационар (62°00' с.ш., 50°20' в.д.), на котором были заложены постоянные пробные площади (ППП) в насаждениях разных типов леса. В настоящее время на них ведут мониторинг с целью определения временной динамики строения, состояния, структуры, биологической

продуктивности и круговорота веществ в лесных экосистемах. Объектами исследования явились сосняк черничный и сосняк чернично-сфагновый, развитые на торфянисто-подзолистоглееватых иллювиально-железистых песчаных подстилаемых суглинками почвах. Согласно ОСТ 56-69-83, в 1973 и 1981 г. в сосняках заложены ППП размером 0.15 и 0.20 га, на которых проведен сплошной пересчет деревьев. Исследования биологической продуктивности растений напочвенного покрова выполнены в сосняке черничном в 1978 г., в сосняке чернично-сфагновом – в 1981 г. Повторные пересчеты и определение фитомассы проведены в 2008 г. в сосняке чернично-сфагновом и в 2011 г. – в сосняке черничном. Сосняк черничный расположен в середине пологого склона. Древостой III класса бонитета со средним возрастом 60 лет и густотой 1730 экз. га⁻¹ имеет состав 9С1Б (табл. 1). Подрост (3 тыс. экз. га⁻¹) представлен сосной, елью (*Picea obovata* L.), березой (*Betula pubescens* Ehrh). В подлеске встречаются рябина (*Sorbus aucuparia* L.), ива (*Salix* sp.). Сосняк чернично-сфагновый расположен на пониженной равнине. Древостой 60-летний, одноярус-

Осипов Андрей Федорович – к.б.н., н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: osipov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биологическая продуктивность сосняков, цикл углерода в лесных экосистемах, дыхание почвы.

Бобкова Капитолина Степановна – д.б.н., проф. г.н.с. этого же отдела. E-mail: bobkova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биологическая продуктивность лесных экосистем, цикл углерода, круговорот веществ, Север.



В Печоро-Илычском заповеднике.



Восстановление пробной площади.

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев среднетаежных сосняков

Тип сосняка	Состав	Возраст, лет	Класс бонитета	Запас древесины, м ³ /га	Средние		Плотность древостоя, экз./га	Полнота
					высота, м	диаметр, см		
Черничный в лажный	9С1Б	60	III	205	16	14	1730	0.8
	9С1Б+Е	94	IV	231	15	19	1195	1.0
Чернично-сфагновый	10С+Бед.Е	60	V	109	11	10	2040	0.6
	10Сед.Е	90	V	139	11	12	2266	0.9

ный, V класса бонитета с полнотой 0.56. Древесный ярус имеет состав 10С+Бед.Е с плотностью 2040 экз. га⁻¹ (табл. 1). В подлеске единично встречаются кусты рябины и ивы. Подрост (3.5 тыс. экз. га⁻¹) представлен преимущественно сосной, встречаются также береза и ель. Повторные работы в рассматриваемых типах леса проведены в 90-летнем возрасте. Таксационная обработка материала выполнена по [9].

Фитомассу растений напочвенного покрова на ППП определяли методом укусов на мелких площадках размером 50×50 см в 10-кратной повторности [10]. Растения высушивали до абсолютно сухого веса при температуре 105 °С в течение суток и взвешивали.

Результаты и их обсуждение

Динамика строения древостоев.

В сосняке черничном за анализируемый период (33 года) наблюдается относительное постоянство состава древостоя. Он состоит из сосны с незначительной примесью березы и ели (табл. 1). С 1978 по 2011 г. при переходе древостоя из среднего возраста в состояние спелости наблюдали уменьшение числа деревьев с 1730 до 1195 экз. га⁻¹ (на 535 экз.), увеличение запаса стволовой древесины (на 7 %) и возрастание суммы площадей сечения (на 10 %). Отмечено снижение класса бонитета с III до IV. В процессе развития сосняка в период перехода его древостоя из средневозрастного в приспевающий и спелый отмечен довольно интенсивный отпад деревьев. Так, в 1978 г. в сосняке черничном влажном было отмечено сухостоя 55

экз. га⁻¹ с запасом древесины около 4 м³ га⁻¹, а в 2011 г. его количество составило 100 экз. га⁻¹ с запасом 12 м³ га⁻¹. В сосняке чернично-сфагновом за анализируемый период выявлено выпадение березы из состава древостоя. С 1981 по 2008 г. отмечается увеличение числа деревьев в результате перехода подроста в древесный ярус (от 2040 до 2266 экз. га⁻¹), запаса древесины (от 109 до 141 м³ га⁻¹), суммы площадей сечений (от 16 до 24 м² га⁻¹). Вследствие усиления конкуренции установлена повышенная смертность деревьев. Количество сухостоя возросло в 3.3 раза при увеличении запаса древесины в два раза.

Отмеченные нами изменения строения древостоев отражают динамику онтогенеза сосняков в различных лесорастительных условиях. Так, сосняк чернично-сфагновый, произрастающий в более неблагоприятных условиях увлажнения, характеризуется замедленными темпами развития и в возрасте 90 лет находится на стадии приспевания. Об этом свидетельствуют увеличение густоты древесного яруса и интенсивный отпад деревьев. Сосняк черничный, в отличие от предыдущего сообщества, входит в ста-

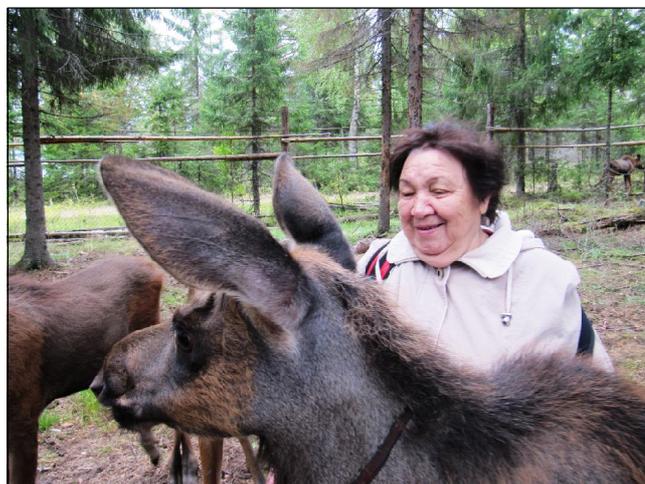
дию спелости. Согласно исследованиям Н.И. Казимирова с соавторами [5], Р. Kolarі с соавторами [20], Н.В. Торлоповой и С.В. Ильчукова [16], в сосняках черничных на стадии приспевания происходит уменьшение числа стволов при увеличении площадей сечений и запасов древесины.

Ранее [17, 18] было отмечено, что для уточнения таблиц хода роста (ТХР) в условиях меняющегося климата и роста антропогенной нагрузки на лесные экосистемы необходимы данные по временной динамике насаждений. Исследований, сравнивающих рост насаждений на постоянных пробных площадях и ТХР, явно недостаточно. Так, Е.В. Монаховым с соавторами [11] установлено, что густота и запасы древесины в сосняках на пробных площадях превышают данные ТХР.

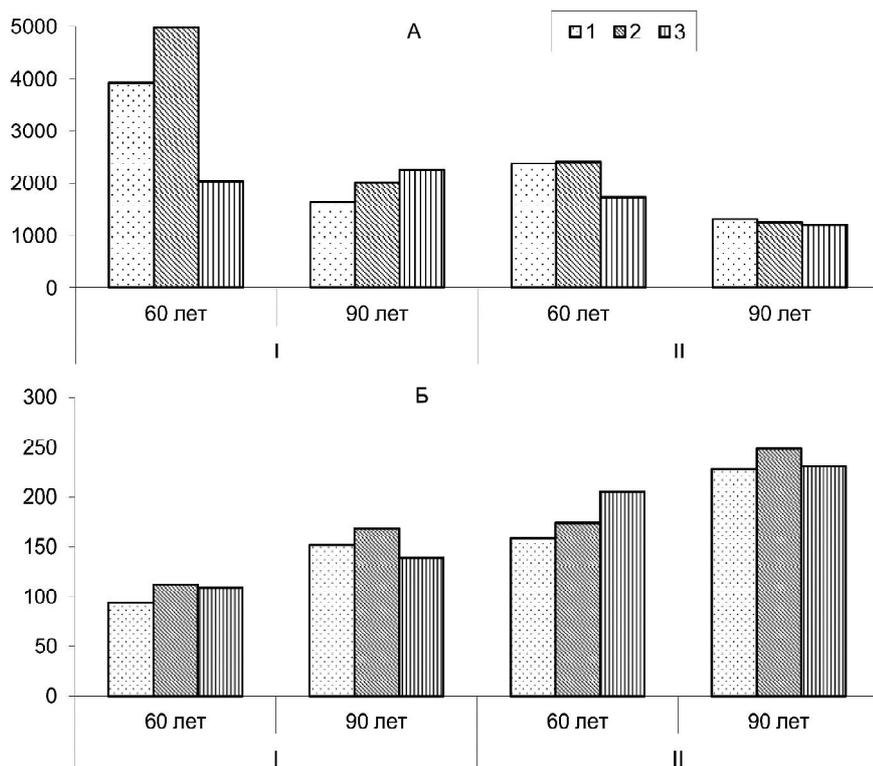
Нами проведен анализ фактических данных о динамике густоты древесного яруса и запасов древесины, полученных в ходе наблюдений, и значений ТХР сосняков, приведенных для средней тайги европейской части России [9, 18]. Наибольшие отличия (в 1.9-2.4 раза) по густоте древесного яруса между фактическими и табличными данными выявлены для средневоз-



На вырубке.



На лосеферме в Якше.



Плотность древесного яруса (экз./га; А) и запасы древесины (м³/га; Б) в 60- (а) и 90-летних (б) сосняке чернично-сфагновом (I) и сосняке черничном влажном (II) в 1987 (1) и 2008 гг. (2) по таблицам хода роста [9, 18] и данным наблюдений на постоянных пробных площадях в 2011 г. (3).

растного древостоя сосняка чернично-сфагнового (см. рисунок). В средневозрастном сосняке черничном экспериментальные данные оказались ниже табличных в 1.4 раза. Согласно результатам наблюдения, к возрасту спелости в сосняке чернично-сфагновом увеличивается число деревьев, тогда как в материалах, приведенных для сходного типа леса в ТХР, плотность древесного яруса уменьшается. Экспериментальные результаты превышают теоретические в 1.1-1.4 раза. В сосняке черничном разница между фактическими и табличными сведениями составляет 5-10 %.

Больших различий в запасах древесины между наблюдаемыми и приведенными в ТХР для средневозрастного сосняка чернично-сфагнового данными не выявлено, однако к спелому возрасту этот показатель, выявленный в ходе наблюдения на ППП, оказался в 1.1-1.2 раза меньше, чем данные ТХР. В средневозрастном сосняке черничном запасы древесины в 1.2-1.3 раза выше табличных, тогда как в возрасте спелости – равны или меньше на 7 % по сравнению с ТХР.

Запасы фитомассы растений напочвенного покрова. Строение древесного яруса во многом обуславли-

вает количество солнечной радиации, поступающей к растениям нижних ярусов, и, следовательно, влияет на запасы фитомассы в этом ярусе. Данные (табл. 2) показывают возрастную и биотопическую изменчивость запасов фитомассы растений напочвенного покрова сосняков. Так, в условиях черничного соснового биогеоценоза, отличаящегося высокой относительной полнотой древостоя, запасы фитомассы растений напочвенного покрова в 60-летнем возрасте составили 7.79, а в 90-летнем – 5.86 т га⁻¹. В биогеоценозе чернично-сфагнового сосняка в растениях напочвенного покрова в 60-летнем возрасте сконцентрировано 10.98, а 90-летнем – 5.80 т га⁻¹ органической массы. Для сравнения укажем, что запасы органического вещества растений напочвенного покрова спелых фитоценозов для зеленомошных сосняков Карелии составляют 5-10 т га⁻¹ [5], Кольского п-ова – 4.4-8.7 т га⁻¹ [12]. По мере перехода сосняков из стадии средневозрастных насаждений в спелые происходят изменения как в общей массе напочвенного покрова, так и в его структурной организации. Общие запасы фитомассы растений напочвенного покрова за этот период в сосняке черничном снизи-

лись в 1.3, чернично-сфагновом – в 1.9 раза, что, видимо, вызвано усилением по мере развития фитоценозов средообразующей роли их эдификаторов – древостоев. Так, наблюдают существенные изменения показателей, характеризующих морфоструктуру древесного яруса (табл. 1). К спелому возрасту отмечено увеличение высоты, диаметра деревьев, полноты, запасов древесины древостоя, что приводит, видимо, к ухудшению световых условий для роста растений нижних ярусов, а также к снижению влажности почв в связи с усилением транспирационных процессов древесных растений. Ранее нами [13, 14] показано, что в процессе перехода сосновых древостоев из стадии средневозрастных в спелые наблюдается значительное увеличение фитомассы кроны деревьев (ветвей и хвои).

Особый интерес представляют надземные органы растений, которые в 60- и 90-летних насаждениях формируют в сосняке черничном 3.53 и 2.08 и сосняке чернично-сфагновом 4.37 и 2.30 т га⁻¹ органической массы соответственно. В структуре фитомассы растений напочвенного покрова по мере развития фитоценозов происходит увеличение участия кустарничков и снижение в общей массе участия мхов. Так, для 60- и 90-летних насаждений доля компонентов напочвенного покрова в формировании наземного запаса фитомассы вторичных биогеоценозов составляет для сосняка черничного – кустарнички от 46.8 до 73.0, мхи от 50.8 до 26.0, травы от 2.1 до 1.0, лишайники 0.3 % соответственно; для сосняка чернично-сфагнового – кустарнички от 35.5 до 52.0, мхи от 56.0 до 45.0, травы от 8.0 до 3.0, лишайники 0.5 % соответственно.

Следует отметить, что в изученных фитоценозах значительны запасы черники (16-45 % надземной массы) и ее масса увеличивается с развитием насаждения. В средневозрастных фитоценозах велика доля участия брусники (15 %), хотя с возрастом заметно снижение в ней органического вещества. Во временной динамике существенно изменяется участие в накоплении фитомассы голубики. Ее масса уменьшается от 536 до 69 кг га⁻¹ в сосняке черничном и от 369 до 71 кг га⁻¹ – в сосняке чернично-сфагновом. Для мхов также характерно снижение общей массы по мере развития насаждения.

Фитомасса растений напочвенного покрова 60- (верхняя строка) и 90-летних (нижняя строка) сосновых насаждений, кг га⁻¹ абсолютно сухого вещества

Жизненная форма, вид	Сосняк	
	черничный влажный	чернично-сфагновый
Кустарничек		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	549 ± 19	767 ± 18
	946 ± 90	986 ± 110
<i>V. vitis-idaea</i>	539 ± 9	234 ± 9
	309 ± 50	76 ± 10
<i>V. uliginosum</i>	536 ± 22	69 ± 40
	369 ± 9	71 ± 20
<i>Empetrum nigrum</i>	30.0 ± 0.6	–
	19 ± 2	47 ± 10
<i>Ledum palustre</i>	<1	181 ± 7
	168 ± 70	<1
<i>Andromeda polifolia</i>	<1	–
	<1	–
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	–	<1
	–	<1
Трава	74 ± 1	367 ± 8
	29 ± 6	73 ± 10
Мхи		
зеленый	1381 ± 19	412 ± 9
	423 ± 40	92 ± 50
сфагновый	414 ± 13	2018 ± 18
	118 ± 40	923 ± 50
Лишайник	10 ± 0.8	21 ± 0.9
	<1	<1
Всего фитомассы	7785±57.3	10981±70
	5859±340	5801±200
надземной	3533 ± 26	4369 ± 28
	2083 ± 120	2304 ± 80
подземной*	4252±31.3	6612±42
	3776±220	3497±120

* Корни кустарничков и трав. Прочерк – вид не выявлен.

Ранее отмечено [8], что запасы общей фитомассы растений травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова имеют заметную связь с густотой насаждений, которая обеспечивает поступление солнечной радиации к нижним ярусам, и не зависят от условий местопроизрастания. Наши исследования показывают, что условия местопроизрастания оказывают значительное влияние на запасы органической массы растений напочвенного покрова. Так, общая надземная фитомасса растений напочвенного покрова сосняка чернично-сфагнового, формирующегося на полугидроморфных почвах, в среднем в 1.2 раза больше, чем черничного, произрастающего в более благоприятных условиях увлажнения. Ранее [1, 5, 12] было показано, что с усилением степени увлажнения почвы наблюдается более интенсивное развитие травяно-кустарничкового и мохового ярусов.

Заключение

Сосняки черничный и чернично-сфагновый в возрасте от 60 до 90 лет находятся в стадии естественного развития. В сосняке черничном в более благоприятных условиях влажности этот процесс идет быстрее, чем в сосняке чернично-сфагновом.

Древостой сосняка черничного 60-летнего в 1.9 раза, а 90-летнего в 1.6 раза продуктивнее древостоев сосняка чернично-сфагнового тех же возрастов. В рассматриваемых сообществах в процессе перехода от средневозрастных к спелым насаждениям происходят изменения структурной организации и массы растений напочвенного покрова. В 60-летних сосняках запасы органического вещества в растениях напочвенного покрова составляют 7.79 т га⁻¹ для черничного и 10.98 т га⁻¹ для чернично-сфагнового, в том числе масса надземных органов 3.53 и 4.37 т га⁻¹ соответственно. К 90-летнему возрасту масса растений напочвенного покрова и количество запасаемого в надземных органах органического вещества снижаются до 5.86 и 2.08 т га⁻¹ соответственно для сосняка черничного и до 5.08 и 2.30 т га⁻¹ – для сосняка чернично-сфагнового. Эти различия определяются изменением к спелому возрасту морфоструктуры древостоев сосняков и, как следствие, изменением экологических условий. Основными продуцентами органического вещества являются ку-

старнички, на долю которых приходится 53-73 % общей надземной фитомассы растений напочвенного покрова, доля мхов и трав составляет 26-44 и 1-3 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л., 1987. 156 с.
2. Бобкова К.С. Продуктивность сосновых фитоценозов // Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1993. С. 12-32.
3. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность и компоненты баланса углерода в молодняках сосны // Лесоведение, 2005. № 6. С. 30-37.
4. (Дегтева С.В.) Флора, лишайно-микобиота ельников европейского северо-востока России / С.В. Дегтева, Г.В. Железнова, Д.А. Косолапов и др. // Лесной вестн., 2009. № 1. С. 135-144. – (Вестн. МГУ леса).
5. (Казимиров Н.И.) Обмен веществ и энергии в сосновых лесах ев-

ропейского Севера / Н.И. Казимиров, А.Д. Волков, С.С. Зябченко и др. Л., 1977. 304 с.

6. Леса Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М., 1999. 332 с.

7. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М., 2000. 512 с.

8. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Под ред. Ф.И. Плешикова. Новосибирск, 2002. 356 с.

9. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР. Архангельск, 1986. 358 с.

10. Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.

11. Монахов Е.В., Кузьмичев В.В., Неповинных А.Г. Исследование роста сосновых и березовых древостоев Красноярской лесостепи // Хвойные бореальной зоны, 2007. Т. XXIV, № 1. С. 69-72.

12. Никонов В.В., Лукина Н.В. Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. Апатиты, 1994. 315 с.

13. Осипов А.Ф. Биологическая продуктивность сосняков чернично-сфагновых средней тайги // Лесной журн., 2013. №1. С. 43-51. – (Изв. ВУЗов).

14. Осипов А.Ф., Бобкова К.С. Динамика плотности и продуктивности древостоя сосняка черничного средней тайги в период его созревания // Растительные ресурсы, 2013. № 2. С. 181-187.

15. Русанова Г.В., Слобода А.В., Бушуева Е.Н. Биологический круговорот элементов в сосняке лишайниковом подзоны средней тайги Коми АССР // Лесоведение, 1977. № 2. С. 13-19.

16. Торлопова Н.В., Ильчуков С.В. Сосновые леса европейского Северо-Востока: состояние, структура, флористический комплекс. Екатеринбург, 2007. 191 с.

17. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург, 2010. 574 с.

18. (Швиденко А.З.) Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы) / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон и др. М., 2008. 886 с.

19. (Gonzalez M.) Contribution of understory species to total ecosystem aboveground and belowground biomass in temperate *Pinus pinaster* Ait. forests / M. Gonzalez, L. Augusto, A. Gallet-Budynnek et al. // Forest ecology and management, 2013. Vol. 289. P. 38-47.

20. (Kolari P.) Carbon balance of different aged Scots pine forests in Southern Finland / P. Kolari, J. Pumpanen, U. Rannik et al. // Global Change Biology, 2004. Vol. 10. P. 1106-1119.

21. (McCarthy N.) The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century / N. McCarthy, N.S. Bentsen, I. Willoughby et al. // Eur. J. Forest Res., 2011. Vol. 130. P. 7-16. ❖

РОЛЬ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЕВ В СТРОЕНИИ КОРЕННЫХ СОСНЯКОВ БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ И СРЕДНЕЙ ПЕЧОРЫ

В процессе эволюции лесов европейского Севера на территории Республики Коми сформировались устойчивые хвойные фитоценозы. Основные массивы коренных сосновых лесов произрастают вдоль рек Печора, Вычегда, Мезень и в предгорных лесах Северного Урала, Тиманского кряжа [9]. Знание закономерностей строения древостоев в том или ином регионе позволяет создать основные нормы и правила ведения хозяйства в них [2, 3, 6, 8, 14, 17].

Следует отметить, что лесоводственно-таксационные исследования наиболее подробно проведены в темнохвойных лесах бассейна верхней Печоры. Получены данные о породном составе, строении и структуре ельников, проведен анализ их пространственной структуры [11]. Выявлено, что фитоценозы темнохвойных лесов бассейнов рек Печора и Унья представлены смешанными по составу и сложными по структуре (до трех ярусов) разновозрастными древостоями [1]. В связи с интенсивными промышленными рубками, проводимыми на территории Республики Коми в последние 50 лет, и глобальным изменением климата снижается биоразнообразие, нарушаются строение и процессы развития сосновых насаждений. Поэтому изучение структурной организации фитоценозов, динамики роста древостоев сосновых лесов как в условиях естественного произрастания, так и антропогенного воздействия представляет большой научный интерес. В настоящее время на территории предгорных ландшафтов Урала (в пределах верховьев бассейна Печоры) структурно-функциональная организация сосновых сообществ изучена слабо.

Исследования проводили на территории Печоро-Ильчского биосферного заповедника, которая, согласно районированию европейской части России, относится к Камско-Печорско-Западноуральской



И. Кутявин

подпровинции [13]. По обоим берегам р. Печора (Республика Коми) в шести типах сосняков были заложены постоянные пробные площади размером 0.25-0.50 га (61°49'05" с.ш., 57°52'12" в.д.). Сбор данных проводили согласно ОСТ 56-6983 [12]. Тип леса определяли по методическим указаниям [15]. На каждой пробной площади проведен сплошной пересчет деревьев по породам и 2-4-сантиметровым ступеням толщины, а в пределах преобладающей породы –

по возрастным поколениям (элементам леса). Выделяли сухостойные деревья и валеж. Определены состав, сумма площадей сечения древостоев. Возраст древостоев определяли с помощью кернов, отобранных в нижней части ствола на высоте 0.25 м, в количестве 40-100 деревьев сосны и 5-25 сопутствующих пород, а также по спилам двух-трех модельных деревьев на каждой постоянной пробной площади (ППП). Обработка материала проведена при помощи стандартных нормативов [10]. При обработке результатов наблюдений использовали методы математической статистики [4]. Строение древостоев определяли согласно распределению деревьев по классам возраста, ступеням высоты, распределению деревьев и запасов древесины по ступеням толщины, по взаимосвязи между диаметром и высотой.

Согласно нашим исследованиям, сосняки Северного Приуралья представлены как чистыми, так и смешанными по составу древостоями III-Va классов бонитета с относительной полнотой 0.5-0.9. Максимальный возраст деревьев сосны достигает 400 лет. Запасы стволовой древесины в сосняках варьируют от 92 до 367 м³ га⁻¹ (табл. 1). В древесном ярусе может присутствовать до пяти поколений сосны. С увеличением числа поколений, растянутости возрастов, происходит повышение варьирования возраста от 6.5 до 61.0 %. Выявлено четыре типа воз-

Лесоводственно-таксационная характеристика сосняков

Тип леса*	Состав яруса	Средние		Плотность, экз./га ⁻¹	Запас, м ³ га ⁻¹	Абсолютная полнота, м ² га ⁻¹	Возраст, лет	
		диаметр, см	высота, м					
Лишайниковый (11)	10Сед.Б	26.0	13.8	501	163	22.5	40-220	
Бруснично-лишайниковый (5)	10С	27.6	16.2	383	202.6	24.5	180-220	
	(9А)	10С	14.3	13.9	908	177.1	21.6	70-320
	(18)	10С	18.1	18.1	980	242.2	27.7	57-83
Зеленомошно-лишайниковый каменистый (2)	I 6С2Ос2К	27.8	16.9	216	108.5	12.8	60-240	
	II 6Б4Е	15.9	11.6	136	19.1	3.1	40-120	
Итого				352	127.6	15.9		
Лишайниковый каменистый (3)	I 6С4К	23.8	12.2	152	65.4	8.5	80-380	
	II 5Б3Е2Ос	14.8	6.6	332	26.9	6.2	60-120	
Итого				484	92.3	14.7		
Зеленомошно-лишайниковый (7)	10Сед.Е,Б	29.6	20.7	400	211.8	23.2	82-125	
	(13)	10Сед.Е,К	17.8	18.2	909	234.0	26.0	104-356
Брусничный (1)	10С	39.1	20.8	170	210.0	21.0	160-340	
	(12)	9С1Е+К,Б	26.6	18.3	493	216.2	24.9	72-165
	(4)	I 10С	50.0	23.4	120	294.0	24.6	330-400
Итого				456	367.3	32.9		
Черничный свежий (10)	I 10С	25.0	21.6	473	262.2	24.7	101-320	
	II 7Е3С+Б	14.0	10.1	250	23.8	3.9	101-160	
Итого				723	286.0	28.6		
Багульниковый (6)	10С+Кед.Б	21.5	21.5	476	137.5	18.2	160-200	
Морошково-сфагновый (8)	7С3Еед.БК	16.0	8.5	952	117.4	16.6	60-370	
Чернично-сфагновый (9)	8С1Е1Б+К	То же	10.7	1020	109.3	18.7	60-210	

* Здесь и далее: в скобках указан номер постоянной пробной площади.

растной структуры насаждений сосняков: ступенчато-, условно-, абсолютно-разновозрастные и относительно-разновозрастные с демутиационными фазами динамики (с поколениями нисходящего и восходящего рядов). Последние со временем могут перейти в условно- или ступенчато-разновозрастные типы строения [7].

Средние величины диаметра деревьев *Pinus sylvestris* в сосняках колеблются от 14.3 ± 0.3 до 39.1 ± 0.5 см. Основное отклонение от среднего диаметра варьирует в пределах $3.1 \div 19.8$ см. Значение коэффициента вариации диаметра в ступенчато-разновозрастных сосняках изменяется в интервале от 50.7 до 69.6, условно-разновозрастных – от 14.6 до 32.4, абсолютно-разновозрастных – от 31.4 до 38.1 %. Для относительно-разновозрастных демутиационных фаз динамики оно составляет от 13.6 до 40.5 % (табл. 2). Показано, что деревья сосны в древостоях имеют большую изменчивость по толщине. Высокая амплитуда колебания значений диаметра стволов определяется присутствием толстомерных деревьев, хотя их количество невелико [16]. Ранее выявлено, что на европейском Севере в разновозрастных, условно-одновозрастных и относительно-разновозрастных древостоях ряды распределения деревьев по диаметру также существенно различаются [5]. Коэффициент вариации среднего диаметра разновозрастных сосняков очень высок (иногда более 50 %). Высокие величины данного показателя объясняются различиями в среднем возрасте и путях формирования насаждений, которые, в свою очередь, определяют строение по диаметру, высоте, возрастной структуре и другим показателям [4].

Асимметрия рядов распределения деревьев по диаметру в древостоях большинства типов сосняков положительная – >0 , что говорит о преобладании в насаждениях тонкомерных стволов сосны. Положительная асимметричность наиболее ярко выражена в ступенчато-разновозрастных сосняках и достигает +1.66 (табл. 2). Такое распределение деревьев имеет большую положительную косость [4]. Распределение числа стволов по толщине в ступенчато-разновозрастных сосняках показывает неравномерность распределения деревьев по диаметру. В условно-разновозрастных древостоях ряды распределения деревьев имеют отрицательную асимметрию, близкую к нулевому значению, что свидетельствует о почти нормальном распределении стволов по толщине.

Эксцесс распределения деревьев сосны по диаметру изменяется от -1.37 до $+3.48$ (табл. 2). При эксцессе больше нуля распределение деревьев по диаметру представлено высоковершинными кривыми, а значения статистической величины свидетельствуют о невысоком варьировании значений диаметра стволов деревьев. При отрицательном эксцессе кривая распределения деревьев по толщине низковершинная, имеет приплюснутый вид, что говорит о большом накоплении в древостое деревьев с различным диаметром стволов.

В абсолютно-разновозрастных сосняках асимметрия распределения диаметров характеризуется средними величинами $0.54-0.69$ с преобладанием в древостое мелких и средних по толщине деревьев (от 8 до 24 см). В относительно-разновозрастных сосняках с демутиационными фазами динамики развития распределение деревьев различно с накоплением в

Таблица 2

Показатели рядов распределения деревьев сосны по ступеням толщины (верхняя строка) и высоте (нижняя строка) в различных типах возрастной структуры

Тип леса	Параметр				
	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{\sigma}$	CV, %	A	E
Ступенчато-разновозрастные					
Зеленомошно-лишайниковый каменистый (2)	27.8±1.4	14.1	50.7	0.69	-0.77
	17.1±0.1	1.34	7.83	-0.12	-1.15
Лишайниковый каменистый (3)	23.8±1.5	14.4	60.5	0.98	-0.47
	10.3±0.3	2.36	22.90	0.61	-1.12
Черничный свежий (4)	37.2±1.96	19.8	53.3	0.43	-1.37
	22.4±0.3	4.13	18.50	-0.10	-1.48
Бруснично-лишайниковый (9А)	14.3±0.3	9.9	69.6	1.66	1.55
	14.0±0.4	3.52	25.10	-0.19	-0.35
Условно-разновозрастные					
Брусничный (1)	39.1±0.5	6.6	16.9	-0.21	3.48
	20.5±0.1	1.27	6.19	-0.34	0.08
Бруснично-лишайниковый (5)	27.6±0.4	7.6	27.6	-0.11	-0.53
	15.8±0.1	1.90	12.04	-0.63	-0.14
(18)	18.1±0.4	5.9	32.4	-0.24	-0.87
	16.8±0.5	4.39	26.20	-1.24	0.31
Багульниковый (6)	21.5±0.2	3.1	14.6	0.15	-0.6
	13.5±0.1	2.54	18.80	-0.47	-3.14
Зеленомошно-лишайниковый (7)	29.7±0.6	6.7	22.6	-0.56	1.04
	20.1±0.3	2.84	14.15	-1.77	5.27
Абсолютно-разновозрастные					
Морошково-сфагновый (8)	16.1±0.3	6.2	38.5	0.69	-0.42
	10.5±0.3	2.55	24.20	-0.01	-0.55
Чернично-сфагновый (9)	16.7±0.4	5.3	31.4	0.54	2.09
	11.2±0.3	2.59	23.20	-0.27	-0.12
Относительно-разновозрастные с демутационными фазами динамики					
Черничный свежий (10)	24.8±0.3	14.4	14.5	1.10	2.80
	21.0±0.2	3.96	18.90	-1.01	0.60
Лишайниковый (11)	25.5±0.3	3.47	13.6	-0.32	0.38
	13.8±0.4	2.92	21.10	-0.89	0.46
Брусничный (12)	26.7±0.9	9.03	33.9	0.15	-0.41
	17.0±0.5	4.51	26.50	-0.93	0.30
Зеленомошно-лишайниковый (13)	17.8±0.5	7.2	40.5	0.29	-0.37
	16.9±0.5	4.29	25.30	-0.96	-0.22

Примечание: $\bar{X} \pm \sigma$ – среднееарифметическое значение диаметра и его отклонение и $\bar{\sigma}$ – основное отклонение от среднего диаметра, см; CV – коэффициент вариации; A – асимметрия («мера косоности»); E – эксцесс («мера крутости») рядов распределения деревьев.

них стволов всех категорий крупности (от 8 до 56 см). Асимметрия изменяется от малой (-0.32÷0.29) в сосняке лишайниковом (ППП 11), сосняке брусничном (ППП 12) и сосняке зеленомошно-лишайниковом (ППП 13) до большой (1.1) величины в сосняке черничном свежем (ППП 10).

Анализ распределения деревьев по высоте показал, что среднее значение высоты колеблется от 10.3±0.25 до 22.4±0.29 м, коэффициент вариации изменяется в пределах 6.2-22.5 % (табл. 2). Ранее отмечено, что с увеличением коэффициента вариации высоты в древостоях происходит снижение числа деревьев тонкомерных категорий [6]. Так, в сосняке брусничном (ППП 1), сосняке лишайниково-зеленомошном каменистом (ППП 2), сосняке бруснично-лишайниковом (ППП 5) и сосняке зеленомошно-лишайниковом (ППП 7) коэффициент вариации колеблется в пределах 6.2-14.2 %, что свидетель-

ствует о хорошей самоочищенности в древостое от отстающих в росте деревьев. В остальных типах сосняков значение коэффициента вариации показателей средней высоты стволов изменяются от 18.5 до 22.9 %, что указывает на накопление в них как молодых, так и отставших в росте деревьев. Показано [14], что в условно-однообразных сосняках Крайнего Севера с увеличением возраста уменьшается варьирование высоты, при этом основное число стволов относится к центральной ступени высоты. Нами выявлено, что в условно-разновозрастных сосняках Северного Приуралья максимальное колебание отмечено в фитоценозе брусничного типа (ППП 1) и составляет 181-344 лет с коэффициентом варьирования высоты 6.2 %, минимальное – в сосняке бруснично-лишайниковом (ППП 18), где колебания возраста составляют от 57 до 83 лет, а варьирование высоты достигает уже 26.2 %. В насаждениях с остальными типами возрастной структуры эта закономерность не проявляется. Распределение деревьев сосны по высоте характеризуется асимметричными кривыми со значениями асимметрии в интервале от -1.77 до 0.61. Эксцесс распределения по высоте изменяется в пределах от -3.14 до +0.07 (табл. 2).

Выявлена тесная связь между величинами диаметра ствола на высоте 1.3 м и высоты деревьев, которая описывается логарифмической кривой и в некоторых случаях параболой второго и третьего порядков ($y = a \cdot \ln(x) - b$; $y = ax^2 + bx$; $y = ax^3 + bx^2 + cx$), где корреляционное отношение (η) изменяется от значительного до высокого и составляет 0.56±0.93.

Таким образом, в сосновых лесах Северного Приуралья для доминирующей породы *Pinus sylvestris* характерна умеренная и высокая изменчивость диаметров (13.6-60.5 %) и высот (6.2-26.5 %) стволов. Распределение деревьев в древостоях по таксационным показателям характеризует исследованные сосняки как сформировавшиеся сообщества. Связь между диаметром и высотой во всех типах леса тесная. Одним из важных факторов формирования строения девственных сосняков являются лесные пожары, но не следует исключать и влияние эндогенных факторов, создающееся внутри фитоценозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Еловые леса средней подзоны тайги // Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К.С. Бобкова, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.

2. *Воропанов П.В.* Определение текущего древесного прироста. М.–Л., 1961. 136 с.
3. *Горский П.В.* Элементы леса и закономерности строения древостоев элементов леса // Учет лесосырьевых ресурсов и устройства лесов. Л.: Наука, 1957. С. 51-56.
4. *Гусев И.И.* Моделирование экосистем. Архангельск, 2002. 112 с.
5. *Зябченко С.С.* Сосновые леса европейского Севера. Л.: Наука, 1984. 244 с.
6. *Козленко Г.М.* Таксация насаждений по изменениям коэффициентов формы на растущих деревьях // Труды Брянского лесохозяйственного института. Брянск, 1956. Т. 7. С. 59-67.
7. *Кутявин И.Н.* Возрастная структура древостоев старовозрастных сосняков в верховьях Печоры // Лесной вестн., 2013. № 3. С. 45-51. – (Вестн. МГУ леса).
8. *Левин В.И.* Сосняки европейского Севера (строение, рост и таксация древостоев). М.: Лесная промышленность, 1966. 152 с.
9. Леса Республики Коми / Под ред. Г.К. Козубова, А.И. Таскаева. М., 1999. 332 с.
10. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР / Под ред. С.Г. Войнова. Архангельск, 1986. 357 с.
11. *Пахучий В.В.* Девственные леса Северного Приуралья. СПб.: Наука, 1999. 136 с.
12. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки. М., 1983. 60 с.
13. Растительность европейской части СССР / Под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. 429 с.
14. (*Семенов Б.А.*) Притундровые леса европейской части России (природа и ведение хозяйства) / *Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков, Г.А. Чибисов, Ф.П. Елизаров.* Архангельск, 1998. 334 с.
15. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
16. *Тюрин А.В.* Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. М.- Л., 1961. 103 с.
17. *Цветков В.Ф.* Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск, 2002. 380 с. ❖

ЮБИЛЕЙ

В декабре замечательный юбилей отметила ведущий инженер отдела флоры и растительности Севера, лаборатории геоботаники и сравнительной флористики **Ирина Александровна Романова**.

Судьба связала Ирину Александровну с Институтом биологии еще во время учебы в Сыктывкарском университете, когда после второго курса химико-биологического факультета она поехала вместе с сотрудниками лаборатории экологии и охраны тундр на все лето в экспедицию в Воркуту помогать в выполнении научных исследований на первых сеяных лугах. За три полевых сезона ею был собран богатый материал для дипломной работы, поэтому вполне закономерно, что после окончания университета в 1990 г. ее пригласили на работу в Институт биологии.

Увлечение компьютерными программами, освоение новой офисной техники позволили Ирине Александровне стать высококвалифицированным специалистом, незаменимым помощником в научных исследованиях. Мы очень рады, что у нас есть специалист, отлично разбирающийся в компьютерных технологиях, всегда готовый прийти на помощь сотрудникам. Ее труд — во многих статьях, монографиях, кандидатских и докторских диссертациях сотрудников отдела флоры и растительности Севера. Ирина Александровна никогда не стоит на месте, постоянно совершенствуется, читает специальную литературу и осваивает новые программы. Она отвечает за архив отдела, помогает в проведении научных конференций, выполняет поручения ученого секретаря Института. Много сил Ирина Александровна вложила в подготовку двух изданий Красной книги Республики Коми, Энциклопедии Республики Коми, Кадастра особо охраняемых природных территорий Республики Коми. За какое бы дело Ирина Александровна ни бралась, коллеги всегда уверены, что оно будет сделано качественно и в срок. Ее отличают большая организованность и аккуратность, творческое отношение к выполнению любого задания.

Коллеги ценят Ирину Александровну не только как прекрасного специалиста, но и как доброго, внимательного, щедрой души человека. Где бы она ни находилась, вокруг нее всегда уют и порядок. Сказывается и влияние первой профессии — цветовод, выращенные Ириной Александровной цветы радуют глаз всех сотрудников Института. У Ирины Александровны дружная семья, выросли два сына, теперь она воспитывает замечательную внучку.

Искренне поздравляем Ирину Александровну с юбилейной датой, желаем крепкого здоровья, счастья, заботы и понимания родных и близких, благополучия во всем, неиссякаемого оптимизма на долгие годы!

Коллеги



ЗАВИСИМОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ОСТРОВНОМ МАССИВЕ БОРА ЛИШАЙНИКОВОГО ПЕЧОРСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ

В настоящее время появляется все больше публикаций, характеризующих влияние изменений климата на бореальные лесные экосистемы. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха на территории России за последние 40 лет характеризуется положительным трендом [2]. Самые теплые периоды в XX в. на европейском Севере отмечены в 30–40-х годах и в конце столетия [6]. Изменения колебания количества осадков на территории России неоднородны. Так, в ее восточных регионах отмечают уменьшение годовых и сезонных сумм осадков, а в европейской части – их слабый рост [2]. За последние годы появились доказательства, что климатические изменения вызывают сдвиг границ растительности на Север, нарушение фенологических фаз развития растений и увеличение производительности лесных фитоценозов в высоких широтах и высокогорьях. Это позволило предположить, что потепление климата может привести к изменению структуры, состава лесных фитоценозов, направления сукцессий и, как следствие, к смещению границ природных зон [7].

Существуют исследования, указывающие на весьма разнообразную метеорологическую ситуацию даже в пределах однородной климатической области. Можно ожидать, что в переходной зоне лес–тундра в зависимости от локального колебания погодных и лесорастительных условий граница притундровой полосы будет по-разному реагировать на изменение климата, а также гидрологического режима [9]. Дендроклиматические исследования в субарктическом регионе могут на локальном уровне выявить специфические особенности изменения внешней среды. По результатам многочисленных исследований показано, что основным фактором, оказывающим значительное влияние на рост и развитие древесных растений в экстремальных почвенно-климатических условиях, является прежде всего недостаток тепла в летние месяцы [1]. Следует отметить, что сосна в этих условиях может произрастать только на прогреваемых песчаных почвах [3].

Настоящая работа направлена на выявление закономерностей прироста сосны и климатических трендов на полярной границе леса европейского Северо-Востока (на примере Сула-Харьягинского бора).

Природные условия, объекты и методы

Исследования проводили в заполярном сосняке лишайниковом, расположенном на междуречье Сула–Харьяга в бассейне р. Печора. Объект представляет собой лесной массив на песчаных отложениях, окруженный болотами и тундрой. Климат рассматриваемого региона характеризуется как субарктический, с морозной зимой и коротким нежарким летом. Зима сравнительно мягкая вследствие влияния Баренцева моря, однако весна и осень длительные и холодные, а лето прохладное. По данным ближайшей к объекту исследования метеостанции «Нарьян-Мар», среднегодовая температура воздуха составляет –3.5 °С. Средняя температура января и июля составляет –18.2 и 13.1 °С соответственно. Баланс влаги в районе положительный. Средняя сумма осадков за год составляет около 450 мм. В летний период выпадает примерно половина годовых осадков. Световой период в районе исследований с июня по июль длится круглые сутки [3], что обуславливает суммарное увеличение ФАР, снижение перепадов температуры воздуха в течение суток и тем самым способствует лучшей теплообеспеченности песчаных почв. Для Восточно-Европейской притундровой лесорастительной области, куда относится исследуемый сосновый массив, среднегодовая температура на поверхности песчаной почвы составляет минус 1.3–2.8 °С. Наилучшее прогревание ее верхнего слоя (до 9–15 °С) наблюдают в июле-августе [4]. Почвы кислые, бедны элементами минерального питания, особенно азотом [8].

Для проведения исследований была заложена пробная площадь в сосняке лишайниковом (66°54'17" с.ш. и 52°02'21" в.д.). Древостой одноярус-



А. Манов

ный, условно одновозрастный, V класса бонитета. Он имеет состав 9С1Б ед.Лц. Доминирует сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), в примеси встречаются береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и редко лиственница сибирская (*Larix sibirica* Led.). Средняя высота деревьев сосны – 9

м, средний диаметр – 11 см. Возраст деревьев хвойных видов – 65–90 лет, отдельные особи достигают 200 лет. Абсолютная полнота древостоя 18.6 м² га⁻¹, запас древесины растущих в нем деревьев 110 м³ га⁻¹. Сухостой представлен тонкомерными деревьями сосны. Встречаются пни, сохранившиеся после рубки древостоя в 40-х годах XX в. Следы пожаров на деревьях не обнаружены. Подрост преимущественно сосновый, здоровый. Мохово-лишайниковый покров сплошной, его образуют кустистые лишайники и зеленые мхи. Почва – подзол иллювиально-гумусово-железистый.

Отбор образцов древесины сосны для дендроклиматического анализа проводили из стволов растущих деревьев в виде кернов на высоте 0.2–0.3 м от шейки корня по одному радиусу. Камеральную работу выполняли согласно методикам [1, 8]. При подготовке засмоленных образцов древесины к измерениям использовали ручной бытовой отпариватель для одежды. Под действием пара смола и древесина хорошо размягчаются, что облегчает зачистку образцов лезвием. Измерение ширины годичных колец проводили с точностью 0.01 мм на измерительной установке LINTAB™ с использованием специализированного программного обеспечения TSAP™ [11]. Полученные нами 13 индивидуальных рядов радиального прироста деревьев сосны были дополнены 16 рядами от более старых сосен Сула-Харьягинского бора, хранящихся в Международном банке древесно-кольцевых данных ITRDB (International tree ring data bank, www.ncdc.noaa.gov/paleo/treering.html, исследователь F. Schweingruber). Обработку дендрохронологического материала проводи-

Манов Алексей Валерьевич – н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: manov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: структура древостоев, дендроклиматология, моделирование лесных экосистем.

ли с помощью программных пакетов dplR и bootRes из библиотеки среды статистической обработки данных R (www.r-project.org) [10, 12].

Для исключения влияния возраста деревьев на годичный прирост стволовой древесины индивидуальные древесно-кольцевые хронологии были индексированны с использованием кубического сглаживающего сплайна при помощи пакета dplR. Затем из-за высокой инертности (автокорреляции) ширины годичных колец индивидуальные ряды индексов прироста были «выбелены» с использованием модели авторегрессии. Далее ряды усреднены методом взвешенного среднего Тьюки, в результате чего получена обобщенная хронология. Для оценки качества дендрохронологических рядов были рассчитаны следующие показатели: коэффициент корреляции Пирсона, стандартное отклонение, средний коэффициент чувствительности, автокорреляция первого порядка и общий популяционный сигнал хронологии (expressed population signal – EPS). За пороговую величину EPS принято значение 0.85. Общая дисперсия ниже этого порога указывает на недопустимое количество шума в хронологиях.

Влияние климата на радиальный прирост сосны оценивали по показателям функции отклика, полученным при помощи бутстреп-метода (bootstrap) в пакете bootRes. Данный подход основан на получении значений коэффициентов множественной линейной регрессии для климатических переменных отдельных месяцев и оценку их доверительных интервалов [1].

Для сопоставления обобщенной хронологии с погодными условиями в работе был использован архив инструментальных метеоданных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» (www.meteo.ru/data) с месячным ходом температуры воздуха и атмосферных осадков по метеостанции «Нарьян-Мар». В анализе использован массив рядов данных по температуре воздуха с 1927 по 2011 г., по количеству осадков – с 1966 по 2011 г. Разница в начале анализируемых периодов рассмотренных показателей обусловлена тем, что до 1966 г. в наблюдениях за осадками были введены изменения в методах измерения и обработке данных, поэтому ряды сумм осадков были неоднородными.

Результаты исследований

Статистический анализ индивидуальных рядов радиального прироста сосны Сула-Харьягинского бора подтверждает хорошее качество полученного материала и возможность его применения при дендроклиматических исследованиях. Так, теснота связи между индивидуальными хронологиями – значительная (в среднем коэффициент корреляции равен 0.69, стандартное отклонение – 0.45). Средний коэффициент чувствительности хронологических рядов достаточно высокий (0.23). Согласно показателю $EPS \geq 0.85$, доказана обеспеченность древесно-кольцевых хронологий данными с 1792 по 2008 г. Отмечено высокое значение автокорреляции первого порядка (в среднем – 0.78) в индивидуальных рядах хронологий, что свидетельствует о связи климатических условий прошлых лет с приростом текущего года. Достаточно высокая согласованность индивидуальных рядов прироста деревьев сосны позволила объединить их в обобщенную хронологию длительностью 217 лет для рассматриваемого сосняка лишайникового (рис. 1).

Многолетняя динамика среднегодовой температуры и суммы осадков по метеостанции «Нарьян-Мар» показывает, что за период метеонаблюдений произошли заметные климатические изменения на исследуемой территории. До конца 1960-х годов отмечено снижение температуры приземного слоя. Начиная с 1970 г. многолетняя средняя температура воздуха заметно увеличивалась вплоть до настоящего времени. С конца 1960-х годов наблюдают также возрастающий тренд сумм годовых осадков, что согласуется с многолетними климатическими

изменениями на европейском севере России [6].

Очевидно, что показатели соотношения прирост/климат в течение продолжительного времени нестабильны. Поэтому климатические изменения, произошедшие за анализируемый период, должны были отразиться на радиальном приросте сосны (рис. 2). Отмечен различный во времени характер связи хронологий прироста сосны со среднемесячными температурами воздуха мая–сентября. Наиболее неустойчивая реакция сосны на воздействие приземной температуры совпадает с периодами потепления климата в северных полярных широтах в XX в. Повышенная температура воздуха во второй четверти XX в. оказывала положительное влияние на прирост сосны с мая по август, при этом наиболее благоприятные условия для роста сосны приходилось на июль и август. Так, с 1929 по 1950 г. средний коэффициент регрессии в мае равен 0.12, в июне – 0.19, в июле – 0.42, в августе – 0.29 в сентябре – (–0.09). Последующее похолодание климата, происходившее до 1970-х годов, привело к снижению реакции радиального прироста на температуру воздуха в наиболее благоприятные для роста сосны в первой половине XX в. месяцы (июль и август). Однако похолодание способствовало увеличению периода положительного влияния температуры на радиальный прирост сосны (с мая по сентябрь). Так, с 1951 по 1970 г. средний коэффициент регрессии в мае составил 0.15, в июне и июле – 0.20, в августе – 0.19, в сентябре – 0.06. Начавшееся с 1970-х годов и продолжающееся до настоящего времени масштабное потепление климата в северных широтах имеет свои особенности

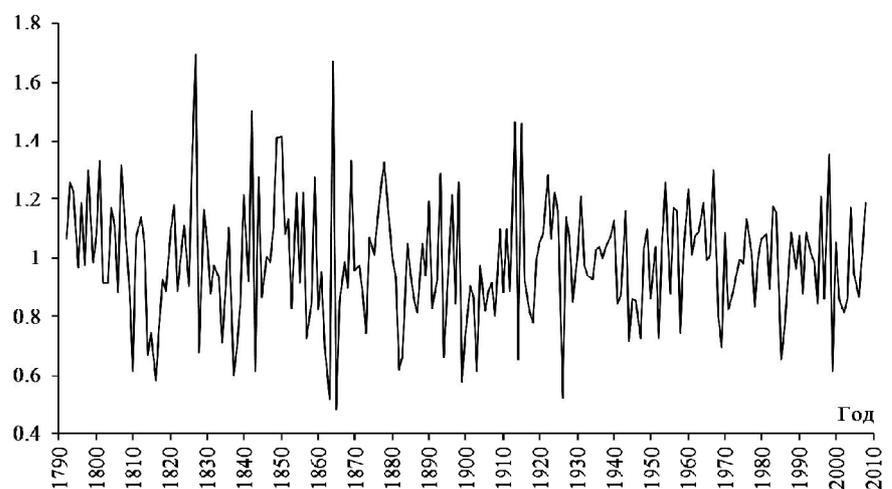


Рис. 1. Обобщенная древесно-кольцевая хронология сосны. По вертикали – индекс прироста.

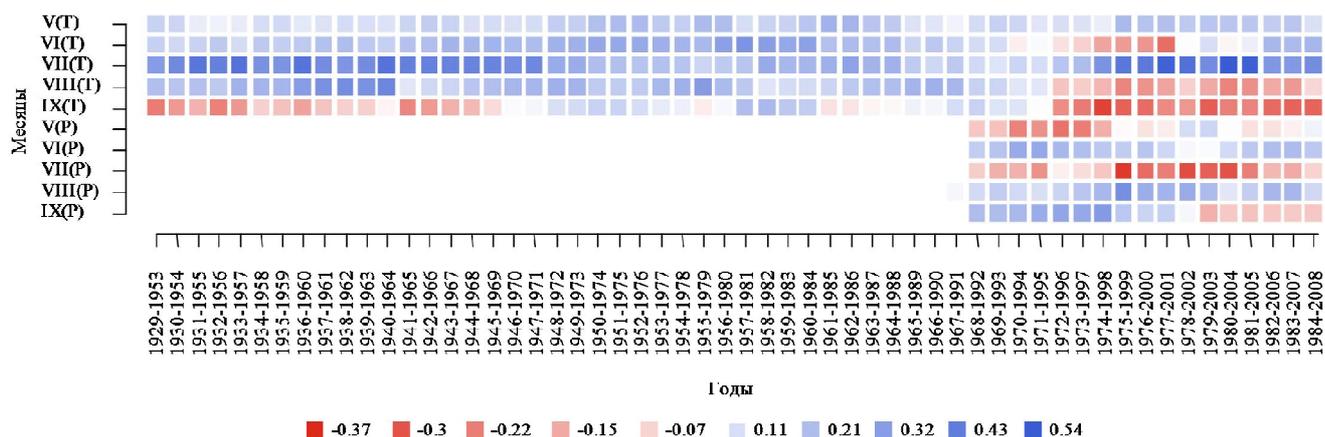


Рис. 2. Функция отклика обобщенной древесно-кольцевой хронологии сосны на среднемесячную температуру воздуха (Т) и сумму месячных осадков (Р) в «плавающем» окне шириной 25 лет. Оттенки синего указывают на положительные, оттенки красного – отрицательные значения коэффициента регрессии.

во влиянии на прирост древесины сосны в Печорском Заполярье. Усиления реакции радиального прироста деревьев на повышение температуры, которое было зафиксировано в 20–40-е годы XX в. не наблюдается, напротив – обобщенная древесно-кольцевая хронология показывает отрицательный отклик прироста на значения температуры в августе и в отдельные годы в июне. В мае температура воздуха положительно влияет на рост сосны, однако связь между ними слабая, находится ниже уровня значимости при $P < 0.05$. Благоприятным периодом для роста сосны в конце XX в. являлся преимущественно июль. С 1971 по 1984 г. средний коэффициент регрессии был ниже, чем во второй четверти XX в. и составил в мае 0.15, в июне – 0.003, в июле – 0.37, в августе – (–0.13), в сентябре – (–0.23). Из-за ограниченного периода однородных данных по суммам месячных осадков для рассматриваемого региона влияние осадков на радиальный прирост сосны во временном интервале оценивали за период с 1968 по 1984 г. Значения функции отклика в этом промежутке времени показывают слабую интенсивность реакции радиального прироста сосны на количество выпавших осадков (рис. 2). Отмечена положительная постоянная взаимосвязь сумм осадков, выпавших в июне и августе, с ростом сосны. В июле данная зависимость отрицательная, в мае и сентябре эта связь слабая непостоянная. При этом в большинстве случаев показатели функций отклика не достигают уровня значимости при $P < 0.05$. Согласно величине гидротермического коэффициента (по Г.Т. Селянину), рассматриваемая территория относится к зоне избыточного увлажнения. Для Восточно-Европейской притунд-

ровой лесорастительной области баланс влаги или гидротермический коэффициент составляет 1.75 [4]. Следовательно, из-за слабого испарения в сообществах лишайниковых сосняков Печорского Заполярья создаются довольно благоприятные условия влажности воздуха для развития древесных растений.

Заключение

Анализ связи динамики климатических факторов и радиального прироста деревьев в переходной зоне лес–тундра выявил сильный климатический сигнал в обобщенной древесно-кольцевой хронологии сосны в летние месяцы. Функция отклика подтверждает, что ведущим фактором, определяющим темпы радиального прироста стволовой древесины сосны на полярной границе леса, является температура воздуха в июле. В остальные месяцы вегетационного периода связь температуры с приростом была различной. При этом в конце прошлого столетия отмечали ослабление воздействия лимитирующего фактора (температуры воздуха) на радиальный прирост сосны в Сула-Харьегинском бору. Снижение роли температуры воздуха в изменчивости прироста деревьев сосны в Печорском Заполярье в этот период, видимо, следует объяснять биологическими особенностями сосны обыкновенной. Развитие исследованного древостоя находится на том возрастном этапе, когда происходит интенсивное накопление деревьями древесины [4]. В лишайниковых сообществах на бедных песчаных почвах возможна корневая конкуренция деревьев за элементы минерального питания. Поэтому целью дальнейших исследований является изучение влияния эндогенных факторов на продук-

ционные процессы деревьев в сосняках Заполярья.

Автор выражает благодарность д.б.н. К.С. Бобковой и к.г.н. Э.П. Галенко за ценные советы в ходе подготовки этой статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазела В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
2. (Ефимова Н.А.). О сопоставлении изменений климата в 1981-2000 гг. с палеоаналогами глобального потепления / Н.А. Ефимова, Е.Л. Жильцова, Н.А. Лемешко и др. // Метеорология и гидрология, 2004. № 8. С. 18-23.
3. Листов А.А. Боры-белошники. М., 1986. 181 с.
4. (Семенов Б.А.) Притундровые леса европейской части России (природа и ведение хозяйства) / Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков, Г.А. Чибисов, Ф.П. Елизаров. Архангельск, 1998. 332 с.
5. Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Сосняки Крайнего Севера. М., 1985. 116 с.
6. Шварцман Ю.Г. Изменения климата и их ожидаемые последствия на европейском Севере // Вестн. Поморского ун-та. Сер. естественные и точные науки, 2001. № 1 (2). С. 10-17.
7. Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Приполярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург, 2009. 216 с.
8. (Шиятов С.Г.) Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Курдянов и др. Красноярск, 2000. 80 с.
9. (Briffa K.F.) Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes / Briffa K.F., Schwe-

ingruber F., Jones P. at al. // Nature, 1998. Vol. 391, № 12. P. 678-682.

10. *Bunn A.G. A dendrochronology program library in R (dplR) // Dendrochronologia, 2008. № 26. P. 115-124.*

11. *Rinn F. Tsap version 3.5. Reference manual. Computer program for tree-ring analysis and presentation. Hellenberg (Germany), 1996. 264 p.*

12. *Zang C., Biondi F. Dendroclimatic calibration in R: The bootRes package for response and correlation function analysis // Dendrochronol., 2013. № 31. P. 68-74. ❖*

ЗАПАСЫ И ПОТОКИ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ ПОЧВА–ФИТОЦЕНОЗ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВОГО СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Леса – это огромное хранилище углерода, аккумулированного в живых растениях, их остатках различной степени деструкции, в гумусе и торфе. Кроме аккумуляции углерода леса выполняют важные ресурсные и экологические функции. По существу в процессе их функционирования достигается тройной эффект – депонирование излишков углерода, повышение ресурсного потенциала и улучшение качества природной среды [4, 18]. С позиций углеродного цикла лесные экосистемы представляют собой систему блоков: растительность, почва, дёрис, которые характеризуются определенными запасами органического вещества. Они связаны между собой потоками вещества: фотосинтетической ассимиляцией углерода атмосферы в нетто-продукции (NPP) и его освобождением и возвратом в атмосферу в ходе разложения органического вещества. Соотношение интенсивностей этих процессов характеризует роль лесного сообщества в углеродном цикле биосферы и определяет, является ли или иная экосистема стоком или источником углерода [13, 16].

На территории Республики Коми в подзоне средней тайги площадь еловых лесов составляет 6.74 млн га, из них 49 % занимают заболоченные типы сообществ, что определяет их значимость в цикле биосферного круговорота углерода. Несмотря на это, данные, характеризующие углеродный цикл в системе почва–фитоценоз в заболоченных еловых экосистемах средней тайги, единичны [1, 12].

Цель настоящей работы – определение основных параметров годичного биологического круговорота углерода в старовозрастном ельнике чернично-сфагновом на торфянисто-подзолисто-глеватых почвах.

Материалы и методы

Работа выполнена в Республике Коми на территории Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°17' с.ш., 50°40') в коренном ельнике чернично-сфагновом (см. таблицу). Подрост (6.64 тыс. экз.га⁻¹) из ели, пихты, березы. Подлесок состоит из шиповника (*Rosa acicularis* Lindl.), ивы (*Salix sp.*), можжевельника (*Juniperus communis* L.) и рябины (*Sorbus aucuparia* L.). Травяно-кустарничковый ярус (проективное покрытие 60-70 %) состоит из черники (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусники (*V. vitis-idaea* L.), линнеи северной (*Linnaea borealis* L.) и разнотравья, включая седмичник (*Trientalis europaea* L.), майник (*Maianthemum bifolium* (L.) F.Schmidt), кислицу (*Oxalis*



М. Кузнецов

acetosella L.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.) осоку шаровидную (*Carex globularis* L.). Моховой покров (покрытие 80-90 %) образован преимущественно сфагновыми мхами (*Sphagnum sp.*), встречаются *Polytrichum commune*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*.

Пробная площадь размером 40×50 м была заложена в ельнике согласно общепринятой методике [15]. На ней проведен сплошной пересчет деревьев древостоя, подраста, валежа. Обработка материала выполнена по [14]. Возраст древостоя определяли по модельным деревьям и с помощью кернов, взятых из 20 деревьев, фитомассу и прирост надземных органов древесных растений – методом модельных деревьев [20]. Проанализировано 14 деревьев ели и три – березы. При таком количестве модельных деревьев обеспечивается 10%-ная точность определения органической массы древостоев. Количество опада растений древесного яруса определяли с помощью 17 опадотулаивателей размером 0.5×0.5 м. Массу растений травяно-кустарничкового яруса и мхов учитывали на 10 площадках размером 0.5×0.5 м. Опад растений этого яруса оценивали по их приросту, срезая побеги текущего года на тех же площадках. Ежегодно отмирающую массу мхов принимали равной 70, брусники – 30, черники и травянистых растений – 100 % прироста [17]. Опад корней растений травяно-кустарничкового яруса был принят равным четверти их массы [3]. Пересчет фитомассы растений на массу углерода осуществляли с применением коэффициентов (0.45-0.53), свойственных отдельным фракциям [5].

Для оценки разложения опада в лесной подстилке на год закладывали растительные остатки, а также образцы отдельных слоев лесной подстилки в капроновых мешочках, каждый компонент в пятикратной повторности. Подстилку отбирали металлическим шаблоном площадью 98 см² в 25-кратной повторности. Содержание азота и углерода в растительных остатках опада подстилки и почвы определяли методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA1110 (CHNS-O) (фирма CE Instruments, Италия) в аналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Результаты и их обсуждение

Запас углерода в фитомассе древостоя ельника чернично-сфагнового составил 85.48 т га⁻¹, из них на долю стволовой древесины приходится 54.8, коры

Кузнецов Михаил Андреевич – к.б.н., н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: kuznetsov_ma@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биологическая продуктивность ельников, деструкция растительных остатков, эмиссия диоксида углерода.

Лесоводственно-таксационная характеристика чернично-сфагнового ельника средней тайги

Древесная порода	Состав древостоя	Возраст, лет	Густота деревьев, экз. га ⁻¹		Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Подрост, тыс. м ² га ⁻¹
			растущих	сухих			
Ель		106-200	595	85	16	20	5.2
Сосна	9Е1Б+С	110	5	10	22	40	–
Пихта	ед.Гх	50	10	–	10	10	0.1
Береза		110	15	–	23	32	1.4
Итого			625	95			6.6

Примечание: прочерк – сухие деревья и подрост сосны отсутствуют.

стволовой – 6.9, ветвей – 7.7, хвои (листьев) – 7.6, корней – 23.0 %. В условиях средней тайги в коренном ельнике чернично-сфагновом фитомасса древесного яруса в 1.7 раза больше, чем древостоя данного типа северной тайги и почти в три раза, чем древостоя крайнесеверной тайги [6]. Сравнивая полученные данные по содержанию углерода заболоченных ельников с другими типами еловых сообществ средней тайги, следует обратить внимание, что в ельниках черничных свежих, произрастающих на типичных подзолистых почвах, запасы углерода фитомассы древостоев составляют 90-95, в черничных влажных, на торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусово-железистых почвах – 60-80 т С га⁻¹. Таким образом, древостои заболоченных ельников накапливают фитомассу, соответственно и углерода в 1.2-1.5 раза меньше, чем в насаждениях ельников черничных [3, 8]. В исследованном ельнике в растениях подроста и подлеска аккумулируется 0.67 и 0.02 т С га⁻¹ соответственно. Растения напочвенного покрова заболоченных ельников накапливают около 1.95 т С га⁻¹.

Интенсивность продуцирования органического вещества, определяющая ход процессов развития фитоценозов в экосистемах, используется в целях оценки углероддепонирующей емкости лесов. Исследования, проведенные в таежной зоне, показали, что величины текущего прироста фитомассы ельников колеблются в больших пределах и определяются главным образом лесорастительными условиями [3, 9]. В модельном ельнике на торфянисто-подзолисто-глеевой почве годовая NPP составляет 3.11 т С га⁻¹, из них на долю хвои (листьев) приходится 28.3, корней – 24.4, древесины ствола – 14.5 и ветвей – 10.3 % общей продукции. Участие растений напочвенного покрова составляет 17.7 % всей нетто-продукции углерода. Следует отметить, что в условиях европейской части тайги в ельниках зеленомошных на автоморфных подзолистых почвах текущий прирост фитомассы деревьев в 1.2-2 раза больше, чем в заболоченных [2, 19].

Лесной опад играет важную роль в биологическом круговороте веществ между фитоценозом и почвой, переводе углерод из фитомассы в подстилку. Количество поступающего опада, его состав и интенсивность разложения в основном определяют характер формирования лесной подстилки, морфологическое строение и свойства почвы [2, 10]. За год с опадом поступает 2.84 т С га⁻¹. Большая доля массы лесного опада приходится на опад и корнепад древостоя – 44.5 и 27.9 % соответственно. Масса ежегодно поступающего в подстилку опада мхов составляет 16.6, кустарничков – 3.5, трав – 4.8, корней кустарничков и трав – 2.5 %.

Важным показателем, отражающим процесс преобразования опада в подстилку, является скорость разложения его компонентов. Известно, что интенсивность минерализации подстилки тесно связана с особенностями распада растительных остатков, их химического состава и лесорастительных условий, в которых протекают эти процессы [9, 13]. Деструкцию растительного вещества в старовозрастном чернично-сфагновом ельнике исследовали на фракциях опада, играющих основную роль в его общей массе. Наибольшая скорость деструкции была у листьев осины и березы: она составила 50.1 и 30.8 % соответственно. Медленнее разлагается хвоя сосны и ели – 25.2 и 19.2 % соответственно, вследствие большего содержания в ней лигнина и смолистых веществ. Через два года потеря массы листьев осины составила 58.5, березы – 39.7 %, а хвои сосны и ели – 42.2 и 32.8 % соответственно. С увеличением срока экспозиции опада в природных условиях процесс разложения замедляется, что, согласно К.И. Кобак [11], связано с расходом легкоподвижных веществ в растительных остатках и относительным увеличением доли стойких лигноцеллюлозных соединений. Другие компоненты древесного опада распадаются очень медленно. Так, потеря массы за один год для ветвей ели диаметром 3-5 мм равна 9.2, шишек – 3.9, коры – 2.6 %.

Переувлажнение и низкие температуры почвы замедляют процессы разложения растительных остатков, что приводит к формированию мощной подстилки с запасом углерода 26.6 т С га⁻¹. Общие запасы углерода в почве, включая подстилку, составляют 81.3 т га⁻¹.

Изучаемый ельник чернично-сфагновый на торфянисто-подзолисто-глееватых почвах характеризуется невысокими показателями продукционно-деструкционных процессов, что определяется неблагоприятными гидротермическими условиями почв (сезоннопромерзающие, холодные). После весеннего снеготаяния болотно-подзолистые почвы прогреваются медленно и слабо [3, 8]. Установлено, что в верхнем 20-сантиметровом слое почвы продолжительность периода возможной активной жизнедеятельности корней древесных растений, когда температура почвы равна +8 °С и выше, составляет 100-105 дней, тогда как в заболоченных типах ельников – менее 80 дней [7].

Таким образом, количественно оценены некоторые компоненты углеродного цикла. В блоке «растительность» елового сообщества аккумулируется 88.1 т С га⁻¹, а в полугидроморфной почве (включая подстилку) запасы углерода в верхнем метровом слое составили 81.3 т га⁻¹. Это свидетельствует о прак-

тически эквивалентом соотношении углерода в блоках «растительность» и «почва». Нетто-продукция всего насаждения равна 3.11 т С га⁻¹. За год с опадом в подстилку данного ельника поступает в среднем 2.84 т С га⁻¹. Сравнение продукционных и деструкционных процессов показывает, что затраты углерода атмосферы на продукцию органического вещества преобладают над его возвратом в атмосферу в процессе разложения мертвого органического вещества. В результате можно заключить, что коренной ельник чернично-сфагновый на торфянисто-подзолисто-глеевой почве в подзоне средней тайги является резервуаром атмосферного углерода.

Автор выражает сердечную благодарность д.б.н., проф. К.С. Бобковой за всестороннюю поддержку при проведении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арчегова И.Б. Почвы некоторых типов хвойных фитоценозов среднетаежной подзоны // Комплексные биогеоценологические исследования хвойных лесов европейского Северо-Востока / Отв. ред. Г.М. Козубов. Сыктывкар, 1985. С. 70-82. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 73).
2. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
3. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
4. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность лесов // Леса Республики Коми / Под ред. Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. М., 1999. С. 40-54.
5. Бобкова К.С., Тужилкина В.В. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера // Экология, 2001. № 1. С. 69-71.
6. (Бобкова К.С.) Фитомасса древостоев ельников чернично-сфагновых на болотно-подзолистых почвах Севера / К.С. Бобкова, М.А. Кузнецов, В.А. Манов и др. // Лесной журн., 2010. № 1. С. 19-27.
7. Галенко Э.П., Бобкова К.С., Швецов С.П. Температурный режим почвы чернично-сфагнового ельника средней тайги // Лесной журн., 2008. № 3. С. 19-28.
8. Забова И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.
9. Казимиров Н.И., Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 176 с.
10. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М., 2005. 336 с.
11. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 248 с.
12. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К.С. Бобкова, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
13. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Ф.И. Плешиков, Е.А. Ваганов, Э.Ф. Ведрова и др. Новосибирск, 2002. 356 с.
14. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР / Ред. Г.С. Войнов. Архангельск, 1986. 357 с.
15. ОСТ 59-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки. М., 1983. 60 с.
16. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Г.А. Заварзин М.: Наука, 2007. 315 с.
17. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 143 с.
18. Углерод в лесных и болотных экосистемах особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 2014. 202 с.
19. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложение. Екатеринбург, 2007. 636 с.
20. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) // Итоги науки и техники. Сер. Лесоведение и лесоводство. М., 1975. Т. 1. С. 9-189. ❖

ЮБИЛЕЙ

В октябре отметила свой юбилей **Вера Петровна Меньщикова** – старший лаборант-исследователь лаборатории компьютерных технологий и моделирования.

В 1978 г. Вера Петровна пришла работать в Коми НЦ и стала оператором первой в Коми научном центре ЭВМ «Наири-С». Сегодня в лаборатории компьютерных технологий и моделирования Вера Петровна занимается любимым делом – созданием цифровых карт в программных средах GeoDraw, GeoGraph, ArcView, Easy Trace. С ее участием в Институте подготовлены важные, обобщающие труд многих исследователей научные издания: Атлас Республики Коми, Атлас почв Республики Коми, многие цифровые карты и др. В этой кропотливой работе особенно востребованы ее человеческие качества: трудолюбие, аккуратность и ответственность. Вера Петровна – отзывчивый и доброжелательный человек, в коллективе она пользуется большим авторитетом и уважением. Вера Петровна – гостеприимная и улыбающаяся хозяйка, заботливая мама и бабушка.

Дорогая Вера Петровна! От всей души поздравляем Вас с юбилеем! Оставайтесь всегда элегантной, молодой, жизнерадостной. Пусть всегда Вас окружает любовь и забота родных и друзей! Счастья в семье, здоровья и благополучия, дальнейших успехов в работе!

Сотрудники лаборатории компьютерных технологий и моделирования



СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТА ЕЛИ ПОД ПОЛОГОМ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В ЧЕРНИЧНЫХ ТИПАХ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Важным показателем устойчивого развития лесных фитоценозов является естественное лесовозобновление. Количество и жизненное состояние подроста служат индикаторами экологических и фитоценологических условий развития коренных еловых лесов. К подросту относят поколение древесных растений старше двух-пяти лет, а в условиях Севера – старше 10 лет, до образования молодняка или яруса древостоя [3]. Подрост характеризуется большим разнообразием, классифицируется по различным признакам и их совокупностям, в частности, происхождение, возраст, высота, жизнеспособность. Подрост хвойных пород, формирующийся под пологом спелого леса, представляет собой наиболее развитую часть естественного возобновительного фонда, однороден в морфологическом и фитоценологическом отношениях [6].

Техногенное загрязнение является сильнодействующим фактором, во многом определяющим процессы возобновления. При постоянном воздействии промышленных выбросов на лесные сообщества ухудшается их общее состояние, снижается интенсивность роста, уменьшается количество и жизнеспособность подроста.

Целью данной работы является оценка состава, структуры и состояния подроста в ельниках черничных средней тайги в условиях аэротехногенного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства (ЦБП).

Материал и методы исследования

В среднетаежной зоне Республики Коми крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушный бассейн является целлюлозно-бумажное производство ОАО «Монди Сыктывкарский лесопромышленный комплекс» (61°49' с.ш. и 50°44' в.д.). Основными поллютантами ЦБП являются оксиды углерода, азота, серы, сероводород, меркаптаны, сероорганические соединения, минеральная пыль, содержащая карбонаты и сульфиды кальция и натрия. Суммарное количество выбросов в атмосферу в 1998, 2004, 2008, 2009 и 2010 гг. составило 32, 28, 20, 23.4 и 17 тыс. т/год соответственно [9]. Вместе с тем, в ходе многолетних наблюдений установлено, что уровень концентраций серы, азота, хлора, кальция, калия и натрия в атмосферных выпадениях (снеговой покров) на порядок выше, чем в фоновом районе. Нами ранее также показано, что в зоне воздушного загрязнения ЦБП происходят существенные изменения в экологической структуре древостоев [7, 8].

На исследуемой территории преобладают еловые леса. Заложены постоянные пробные площади (ППП)



Е. Робакидзе



Н. Торлопова

в контрольных (фоновых) ельниках черничных (ППП 4 и 38), расположенных на расстоянии 50 км к северу от источника выбросов, и четырех импактных сообществах на расстоянии от 3.5 (ППП 37), 4.3 (ППП 33), 5.3 (ППП 35) до 10 км (ППП 36) от источника эмиссии в направлении доминирующей составляющей региональной розы ветров (табл. 1).

Выбор экспериментальных участков для проведения исследований предусматривал их сопоставимость по основным типологическим и таксационным характеристикам насаждений, расположенных в зоне воздействия выбросов СЛПК и фоновом районе. На постоянных пробных площадях проведен сплошной перебор древостоя и подроста. К подросту отнесены древесные растения высотой более 0.25 м и диаметром до 6 см [4, 5]. Учитывали общее число растений по породам, их высоту. По состоянию подрост подразделяли на здоровый, сомнительный, усыхающий и сухой. Количественные значения показателя жизненного состояния подроста находили по формуле: $C = 100n_1 + 70n_2 + 30n_3 / N$, где C – показатель жизненного состояния подроста в момент наблюдения; n_1, n_2, n_3 – число здоровых, ослабленных (сомнительных) и усыхающих особей подроста на 1 га соответственно; N – общее количество подроста, включая сухостой. При $C = 100-80\%$ ценопопуляции считали «здоровыми», при $79-50\%$ – «ослабленными», при $49-20\%$ – «сильно ослабленными» и при 19% и ниже – «разрушенными» [1].

Для оценки жизненного состояния древостоя рассчитывали индекс его поврежденности по формуле средневзвешенного класса повреждения составляющих его деревьев [2], причем для получения более точных результатов за основу расчета брали не число деревьев разных классов повреждения, а их ствольной запас [1]:

$$I = (\sum_{i=0}^4 w_i) / W,$$

где I – индекс поврежденности древостоя, баллы; i – номера классов повреждения деревьев, баллы от 0 до 4; w_i – запас ствольной древесины деревьев i -го класса повреждения, м³/га; W – общий запас древостоя, м³/га. С учетом величины индекса поврежденности древостоев классифицировали на следующие категории [2]: «здоровый древостой» (0-0.5), «ослабленный древостой» (0.6-1.5), «сильно ослабленный древостой» (1.6-2.5), «отмирающий древостой» (2.6-3.5) и «сухостой» (>3.6).

Результаты и их обсуждение

Исследуемые ельники (табл. 1) представлены коренными типами сообществ. Ельники чернично-

Робакидзе Елена Александровна – к.б.н., н.с. отдела лесобихологических проблем Севера. E-mail: robakidze@ib.komisc.ru. Область научных интересов: мониторинг, биодиагностика лесных экосистем.

Торлопова Надежда Валерьяновна – к.б.н., с.н.с. этого же отдела. E-mail: torlopova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: лесная экология, структура хвойных фитоценозов.

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев исследуемых еловых лесов, 2011 г.

Номер пробной площади	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние для ели		Густота деревьев : ели, шт./га	Общий запас : ели, м ³ /га
			высота, м	диаметр, см		
В зоне действия выбросов						
ППП 37 (3.5)	5ЕЗС2Б	103-193	16.0	16.0	1713 : 1150	367 : 192
ППП 33 (4.3)	9Е1Б+Гх	111-241	16.0	18.0	1744 : 1400	371 : 334
ППП 35 (5.3)	5Е4С1Б	91-161	12.0	13.0	2600 : 1544	283 : 123
ППП 36 (10.0)	5Е2Б2С1Ос	83-133	16.0	16.0	1600 : 1133	385 : 204
Фоновый район						
ППП 4 (50.0)	3Е4Ос2С1БедГх	83-103	16.3	17.0	1167 : 604	432 : 120
ППП 38 (50.0)	7ЕЗБ+С,Гх	101-181	18.3	22.0	883 : 558	311 : 202

Примечание. Здесь и далее: в скобках указано расстояние от целлюлозно-бумажного производства, км.

го ряда (*Piceetum myrtillosum*) произрастают на типичных подзолистых суглинистых почвах. Древостой спелые, разновысотные, невысокой продуктивности. Древесный ярус образует ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), в составе часто присутствуют сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и б. пушистая (*B. pubescens* Ehrh.), реже – осина дрожащая (*Populus tremula* L.) и пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.). Ярусность не выражена, так как ель представлена несколькими возрастными генерациями. Редкий подлесок состоит из можжевельника (*Juniperus communis* L.), ивы (*Salix* sp.), рябины (*Sorbus aucuparia* L.), шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.) и жимолости Палласа (*Lonicera pallasii* Ledeb.). Под пологом имеется подрост различной густоты и состава.

Индекс поврежденности является интегральным показателем состояния, на основании которого можно сравнивать совершенно разные по составу древостои. Ельники фонового района в течение всего периода наблюдений характеризуются как здоровые. В 2001 г. все импактные древостои были охарактеризованы как «ослабленные» (или «слабоповрежденные») (табл. 2). В 2006 г. все древостои, кроме расположенного на расстоянии 10 км от ЦБП ельника, перешли в категорию «здоровые». В древостоях зоны загрязнения показатель состояния улучшился в 2.0, 3.6, 2.7 и 2.9 раза на расстоянии 3.5, 4.3, 5.3 и 10 км соответственно. В 2011 г. по интегральному индексу поврежденности древостои характеризуются как здоровые.

Лесовозобновление в ельниках происходит теми же видами древесных растений, которые формиру-

ют древостой. Под пологом ельников подрост состоит в основном из ели, часто встречаются особи пихты или березы. Максимальное количество подроста наблюдается на фоновой территории – до 9.8 тыс. экз. га⁻¹. Для насаждений, произрастающих в условиях аэротехногенного загрязнения ЦБП, характерно снижение численности подроста по сравнению с фоновым районом. Динамика увеличения числа подроста по мере удаления от источника эмиссии идентична в 2001 и 2011 г. (см. рисунок).

Распределение подроста по высоте в 2011 г. показало, что значительная часть приходится на мелкий (высотой до 0.5 м) подрост – 400-3817 экз. га⁻¹. Большая доля представлена подростом средней категории высоты (0.6-1.5 м) – 178-1925 экз. га⁻¹. Крупного подроста (более 1.5 м высотой) под пологом ельников остается 100-575 экз. га⁻¹. Отмечена динамика уменьшения количества подроста в связи с увеличением его высоты. Соотношение количества мелкого, среднего и крупного подроста под пологом ельников составляет 8:3:1. Исключение наблюдается на расположенной на минимальном расстоянии от источника загрязнения ППП 37, где преобладает подрост крупной категории (1580 экз. га⁻¹), а возобновление снижено (570 экз. га⁻¹). В ельниках на контрольных ППП 4 и 38 насчитывается в среднем в пять раз больше по сравнению с загрязненным районом количество мелкого подроста – 3313 и 3817 экз. га⁻¹ соответственно.

Кроме количественных параметров, оценивали качественные характеристики подроста в исследуемых ельниках, а именно жизненное состояние каждого экземпляра подроста и сохранность ценопопуляции под пологом древостоев. Состояние подроста

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Кандидату биологических наук, зав. лабораторией генезиса, географии и экологии почв отдела почвоведения **Елене Вячеславовне Шамриковой** с присуждением Премии Правительства Республики Коми за работу «Кислотность почв таежной и тундровой зон европейского северо-востока России»!

Распоряжение Правительства Республики Коми от 13.11.2014 № 372-р

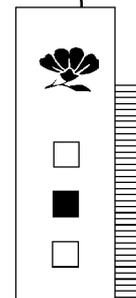


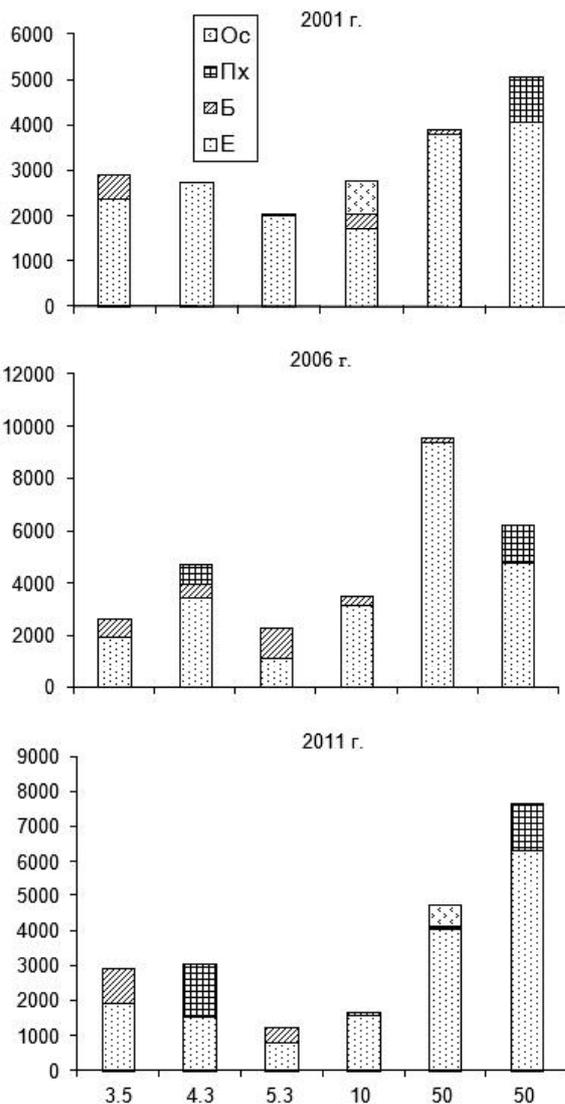
Таблица 2

Индексы поврежденности древостоев (верхняя строка)*
и жизненного состояния елового подроста (нижняя строка)
ельников черничных в условиях загрязнения ЦБП

Год	ПП 37 (3.5)	ПП 33 (4.3)	ПП 35 (5.3)	ПП 36 (10)	ПП 38 (50)	ПП 4 (50)
2001	0.72 65	0.97 69	0.70 75	1.00 59	0.49 84	0.36 81
2006	0.37 49	0.43 87	0.36 60	0.65 63	0.24 73	0.28 92
2011	0.39 47	0.27 32	0.26 50	0.35 49	0.38 87	0.50 90

* Рассчитаны по запасу деревьев ели.

характеризует способность лесного сообщества к самовозобновлению и длительному непрерывному развитию. Молодые деревья, находящиеся в стадии интенсивных ростовых процессов, остро реагируют на изменение водного статуса и режима минерального питания. В их обмен веществ активно вовлекаются химические соединения, находящиеся в окружающей среде даже недолгое время.



Взаимосвязь удаленности от целлюзно-бумажного производства (км; по оси абсцисс), густоты (экз. га⁻¹; по оси ординат) и состава подроста в ельниках черничных.

В ельниках отмечена большая вариабельность как количества елового подроста, так и его распределения по категориям состояния на пробных площадях. В среднем, в древостоях, подверженных влиянию аэротехногенного загрязнения, количество «здорового» подроста уменьшалось от 2001 к 2011 г. Соотношение «здорового» и «сомнительного» подроста в 2001 и 2011 г. соотносится как 2:1, в 2006 – 7:1, тогда как в фоновом районе – 6:1, 21:1 и 13:1 соответственно.

В 2001 г. количество подроста категории «здоровый» составило на фоновой территории в среднем 1500 экз. га⁻¹, в условиях загрязнения – 330 экз. га⁻¹. В 2006 г. по сравнению с 2001 г. состояние подроста на фоновых участках изменилось в сторону улучшения. Количество «здорового» подроста за этот период увеличилось в среднем в 1.4 раза, «сомнительного» – уменьшилось в 2.3 раза, «усыхающего» – в 2.4 раза. Количество сухого подроста уменьшилось в 2 раза. Доля «усыхающего» и «сухого» подроста уменьшилась в 1.6 раза. На загрязненных участках количество «здорового» подроста с 2001 по 2006 г. увеличилось на 9 %, уменьшилась доля «сомнительного» подроста (в 2.5 раза). В 2011 г. по сравнению с 2006 г. состояние подроста на импактных участках изменилось в сторону ухудшения. Количество здорового подроста уменьшилось в 2.0 раза, число сомнительного и усыхающего подроста возросло в 1.7 раза. Выросло число в подросте сухих елочек – в 1.6 раза. Это может быть обусловлено конкуренцией как среди подроста, так и с древесным ярусом в условиях загрязнения воздуха.

Рассчитанные по приведенной выше формуле значения индексов жизненного состояния (С) подроста в ельниках фоновой территории ППП 4 и 38 варьировали в пределах 100-80 %, что позволяет оценить ценопопуляции подроста в этих ельниках как «здоровые», за исключением ППП 38 в 2006 г., где состояние подроста оказалось «ослабленное». В 2001 и 2006 гг. на загрязненных участках ППП 33, 35, 36, 37 при С = 79-50 – подрост характеризуется как «ослабленный» (на ППП 37 – в 2006 г. – «сильно ослабленный», на ППП 33 в 2006 г. – «здоровый»). Состояние подроста на участках ППП 33, 36, 37 в 2011 г. оценено как «сильно ослабленное», на ППП 35 – как «ослабленное» (табл. 2). Связь между улучшением состояния основного яруса древостоя и ухудшением подроста под его пологом прослеживается наиболее четко в ельниках загрязненной территории на ППП 37 (3.5 км) и 35 (5.3 км).

Приведенные материалы о состоянии подроста являются базой для экологического мониторинга ельников, произрастающих в средней подзоне тайги. Под пологом древостоев густота подроста изменяется в импактном районе от 1.2 до 4.4, в фоновом – от 4.2 до 9.8 тыс. экз. га⁻¹. Подрост характеризуется смешанным составом. Он представлен в основном елью при участии березы, реже пихты и осины. Подрост хвойных характеризуется разновысотной структурой с преобладанием мелкой категории. Несмотря на улучшение состояния древостоя, выявлена тенденция к ухудшению состояния под-

роста в ельниках в условиях загрязнения – от «ослабленного» (2001 г.) до «сильно ослабленного» (2011 г.) Вероятно, это может быть связано с усилением негативного конкурентного влияния древесного яруса на подрост на фоне загрязнения воздуха ЦБП. В импактных ельниках количество здорового елового подростка недостаточное для формирования полноценного древесного яруса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989. № 4. С. 51-57.
 2. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем. СПб., 1997. 116 с.
 3. Государственный стандарт Союза ССР. Лесоводство. Термины и определения. М., 1973. – (ГОСТ 18486-73).

4. Мелехов И.С., Корконосова Л.И., Чертовской В.Г. Руководство по изучению типов концентрированных вырубок. М.: Наука, 1965. 180 с.
 5. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
 6. Семечкин И.В. Динамика возрастной структуры древостоев и методы ее изучения / Вопросы лесоведения. Красноярск, 1970. Т. 1. С. 422-446.
 7. Торлопова Н.В., Робакидзе Е.А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург, 2003. 147 с.
 8. Робакидзе Е.А., Торлопова Н.В., Бобкова К.С. Состояние древесных растений еловых фитоценозов в зоне аэротехногенного действия целлюлозно-бумажного производства // Лесной журн., 2010. № 2. С. 47-56.
 9. Экологический отчет 2009-2010. Mondi Сыктывкарский ЛПК/URL (<http://www.mondigroup.com>). ❖

ЮБИЛЕЙ

В декабре замечательный юбилей отметил старший научный сотрудник лаборатории геоботаники и сравнительной флористики **Борис Юрьевич Тетерюк**.

Сотрудники отдела флоры и растительности Севера от всей души поздравляют с юбилейным днем рождения Бориса Юрьевича – известного в научных кругах специалиста-гидробиолога. Основные научные интересы Бориса Юрьевича направлены на изучение гидрофильной флоры и растительности водоемов европейского северо-востока России. Надежным базисом его научной деятельности послужило образование, которое он получил в Томском государственном университете, при специализации на кафедрах ихтиологии и ботаники, выполнении курсовых и дипломных работ в лаборатории биогеоценологии НИИ биологии и биофизики. Свой путь исследователя он начал в Томском филиале Института торфа РАСХН (1988-1992). В 1992 г., после переезда в Республику Коми, Борис Юрьевич с увлечением занялся проблемами рекультивации нарушенных ландшафтов северных территорий, окончил аспирантуру в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН и защитил кандидатскую диссертацию. Учитывая слабую изученность растительного покрова водоемов европейского северо-востока России, дальнейшие свои исследования он переориентировал на их изучение.

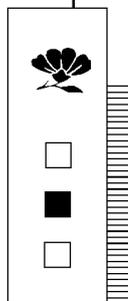
Сегодня Борис Юрьевич – признанный специалист в этой области. При поддержке РФФИ им были исследованы условия формирования и развития водоемов бассейна р. Вычегда, изучены широтные аспекты структурной организации растительного покрова водоемов европейского северо-востока России, издана монография «Флора и растительность древних озер европейского северо-востока России». За 22 года работы в Институте биологии он стал автором более 100 научных публикаций. Хорошо владеет литературой по теме исследований. Он является рецензентом статей в журналах «Биология внутренних вод» и «Растительность России». Активно участвует в выполнении внебюджетных тем и проектов, в том числе – в обследовании биоразнообразия особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Борис Юрьевич – опытный полевик, начальник геоботанического экспедиционного отряда. Помимо Республики Коми он проводил свои исследования на территории п-ова Ямал, Ненецкого АО, Архангельской области.

Борис Юрьевич активно участвует в педагогической деятельности. Свои знания и опыт он использовал при чтении курсов лекций в филиале Вятской ГСХА, Коми ГПИ, СыктГУ, а также при руководстве квалификационными работами студентов и магистрантов. В 90-е годы Борис Юрьевич возглавлял Совет молодых ученых Института биологии, а в период работы в составе Президиума Коми НЦ УрО РАН курировал работу молодежного сектора.

У Бориса Юрьевича замечательная дружная семья.

Поздравляем Бориса Юрьевича с его юбилейной датой! Желаем крепкого здоровья и оптимизма, удовлетворения от любимой работы, новых открытий и успехов во всех начинаниях.

Коллеги



**ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ И ВРЕМЕНИ**

Согласно распространенной концепции, температурный режим в лесных экосистемах определяется типом насаждения. Считают, что каждой лесной экосистеме присущ характерный для нее вертикальный градиент температуры [6, 7]. В основе данного постулата лежит гипотеза о том, что растительность способна формировать особый фитоклимат в местах обитания, в частности, определять температурный режим воздуха.

Несомненно, любое растение взаимодействует с окружающей средой, принимая участие в трансформации потоков энергии и вещества, однако возможность образования локальных температурных аномалий приземного слоя воздуха собственно растительностью ограничена. Это связано с пойкилотермностью растений и с наличием внешних потоков энергии, которые, как правило, для любой лесной экосистемы являются преобладающими. Один из основных потоков энергии в виде излучения обусловлен поступлением солнечной радиации, второй – в виде тепла – связан с вынужденной конвекцией воздушных масс или ветром. В общем случае температура приземного слоя воздуха определяется его конвективным теплообменом с подстилающей поверхностью, температура которой обусловлена широтно-сезонным изменением поступления солнечной радиации, а также характером поглощения и отдачи энергии подстилающей поверхностью [1, 3, 9].

Течение воздушных масс внутри растительного покрова носит турбулентный характер и удовлетворяет дифференциальным уравнениям в частных производных, называемых уравнениями Навье-Стокса [2, 3], которые лежат в основе всех математических моделей, описывающих взаимодействия приземного слоя воздуха с подстилающей поверхностью. Такие модели позволяют рассчитать вертикальные профили средних скоростей и температур воздуха внутри растительного полога [2, 11].

Однако невозможность учета всего многообразия факторов, оказывающих влияние на реальные процессы, приводит к необходимости принятия при расчете моделей тех или иных допущений и ограничений. В результате модель описывает, как правило, некоторые частные случаи. Совпадение результатов неуправляемого эксперимента с той или иной моделью представляется маловероятным, тем более, если измерение параметров проводится в единственной фиксированной точке пространства и в течение временного периода, не превышающего одни сутки, в условиях, когда факторы, влияющие на модель, изменяются во времени. С другой стороны, если концепция уникальности распределения температуры по вертикали верна, то непонятно несоответствие теории и практики микроклиматологии. Для расчета вертикального профиля температуры воздуха достаточно знания температуры поверхности почвы [11], тем не менее, измерение температуры воздуха проводят на трех



С. Тарасов

высотных уровнях. Не очевидно также, что на пробных площадях, имеющих общую границу, но отнесенных к разным типам леса, температура воздуха будет различаться.

Поскольку очевидный способ верификации теории – практика, с целью выявления соответствия вертикального распределения температуры воздуха в лесной экосистеме существующим моделям [2, 11] был поставлен эксперимент по исследованию зависимости температуры воздуха в лесной экосистеме от ее протяженности и высоты.

Материал и методы

В соответствие с задачами эксперимента на территории Кылтковского участкового лесничества ГУ Железнодорожного лесничества (63-й квартал) была выбрана экспериментальная площадь (ЭП) размером 100×100 м (рис. 1). Установку регистраторов температуры (РТ) планировали в точках ЭП с пространственными координатами ху (0/0; 0/50; 0/100; 50/0; 50/50; 50/100; 100/0; 100/50; 100/100) на трех уровнях высоты z, но точного соответствия узлам координатной сетки ЭП добиться не удалось в связи со спецификой установки РТ. Для установки РТ использовали подходящие для этой цели деревья, распределение которых в лесной экосистеме, как известно, не является регулярным. В каждой из указанных точек устанавливались РТ на высотах 1, 5 и 10 м над поверхностью почвы. Регистраторы укрепляли на подвижном капроновом шнуре, обеспечивающем возможность доступа к ним. Погрешность установки РТ по высоте ±0.1 м.

Поскольку основным препятствием конвективным воздушным потокам в приземном слое воздуха лесной экосистемы является растительность, то для приближенной оценки плотности древесного яруса и подроста на ЭП в

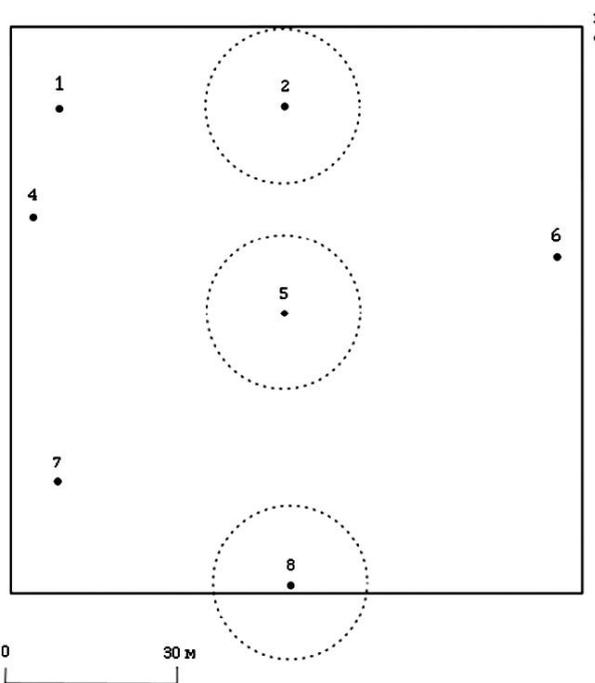


Схема экспериментальной площади (ЭП) и схема расположения РТ относительно границ ЭП. Сплошной линией обозначены границы ЭП, пунктирной линией – круговые пробные площади, цифрами – номера точек измерения температуры.

Тарасов Сергей Иванович – м.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: tarasov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: лесная экология, моделирование.

точках измерения температуры 2, 5 и 8 закладывали три круговые пробные площадки (КПП) радиусом 13.8 м (см. таблицу).

Для измерения и записи значений температуры использовали одноканальные регистраторы iButton Data Logger Temperature (iBDL-LS) (производитель Dallas Semiconductor). Технические характеристики РТ: диапазон регистрируемых температур от -40 до +85 °С, погрешность измерения температуры ±1 °С. Измерение температуры воздуха производили один раз в час. Специальных мер по исключению влияния солнечной радиации, кроме установки РТ с северной стороны стволов, не принималось. Нагревание РТ путем излучения рассматривалось как влияние случайного фактора. В результате эксперимента получены данные в виде временных рядов, характеризующие зависимость температуры воздуха в лесной экосистеме в зависимости от протяженности и высоты. Для анализа использовали данные, полученные за следующие периоды наблюдений: 21.10.2007 г.–09.04.2008 г., 27.04.2008 г.–15.10.2008 г. и 24.04.2009 г.–12.10.2009 г. Продолжительность каждого анализируемого периода равна 172 суткам.

Результаты и их обсуждение

Сопоставление полученных данных, представленных в графическом виде, показало, что все полученные временные ряды не имеют существенных различий. Можно отметить такие особенности рядов, как близость формы суточных колебаний температуры к гармоническим колебаниям, а также наличие периодов в несколько суток, когда амплитуда колебаний изменяется незначительно.

Анализ нормированных вейвлетных спектров мощности временных рядов и сопоставление их со спектром мощности красного шума (коэффициент автокорреляции процесса равен 0.5) показал, что для всех рассматриваемых рядов характерно наличие четырех пиков мощности, превышающих фоновый спектр. Данные пики соответствуют колебаниям температуры с периодами 1, 5, 10 и 21 сут., или эквивалентным частотам 0.007, 0.0013, 0.0007 и 0.0003. Для первого периода наблюдения пик мощности, соответствующий 5 сут., отсутствует (рис. 2). Для построения спектров применяли CWT (Continuonous wavelet transform), тип использованного вейвлета – Morlet ($\omega_0 = 6$) [4, 10].

Лесоводственно-таксационные характеристики круговых пробных площадок (КПП) в точках измерения температуры

Номер точки КПП	Состав древостоя, основной ярус*	Порода	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Густота, шт./га	
					Древостой	Общий подрост
2	2С6Б2Ос	Сосна	28	23.0	83	2684
		Береза	14	21.0	783	
		Осина	20	22.0	167	
5	5С2Б3Ос+И	Сосна	20	22.0	333	1500
		Береза	12	18.0	337	
		Осина	14	20.0	433	
8	8С2Б+Ос+Пх	Сосна	13	23.0	200	4067
		Береза	8	22.0	400	
		Осина	12	23.5	67	

* Состав древостоя второго яруса – 9Е1Ив. На КПП с точками измерения температуры № 2 и 8 деревьев нет. На КПП с точкой измерения температуры № 5 густота деревьев сосны и березы – 267 и 50 шт./га, средний диаметр – 8.6 и 8.0 см, средняя высота – 10.0 и 9.8 м соответственно.

Наблюдаемое отсутствие видимых различий временных рядов позволило выдвинуть предположение об однородности температурного поля лесной экосистемы в любой точке и в любой момент времени. В математи-

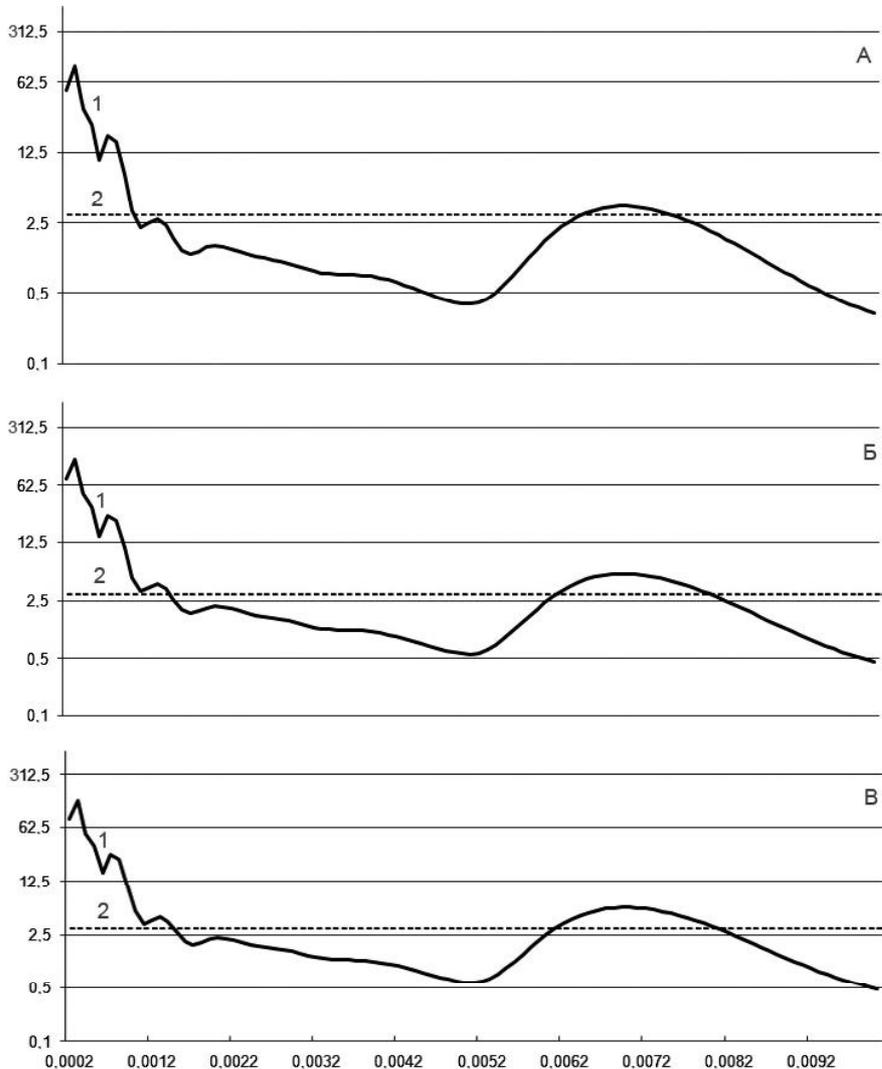
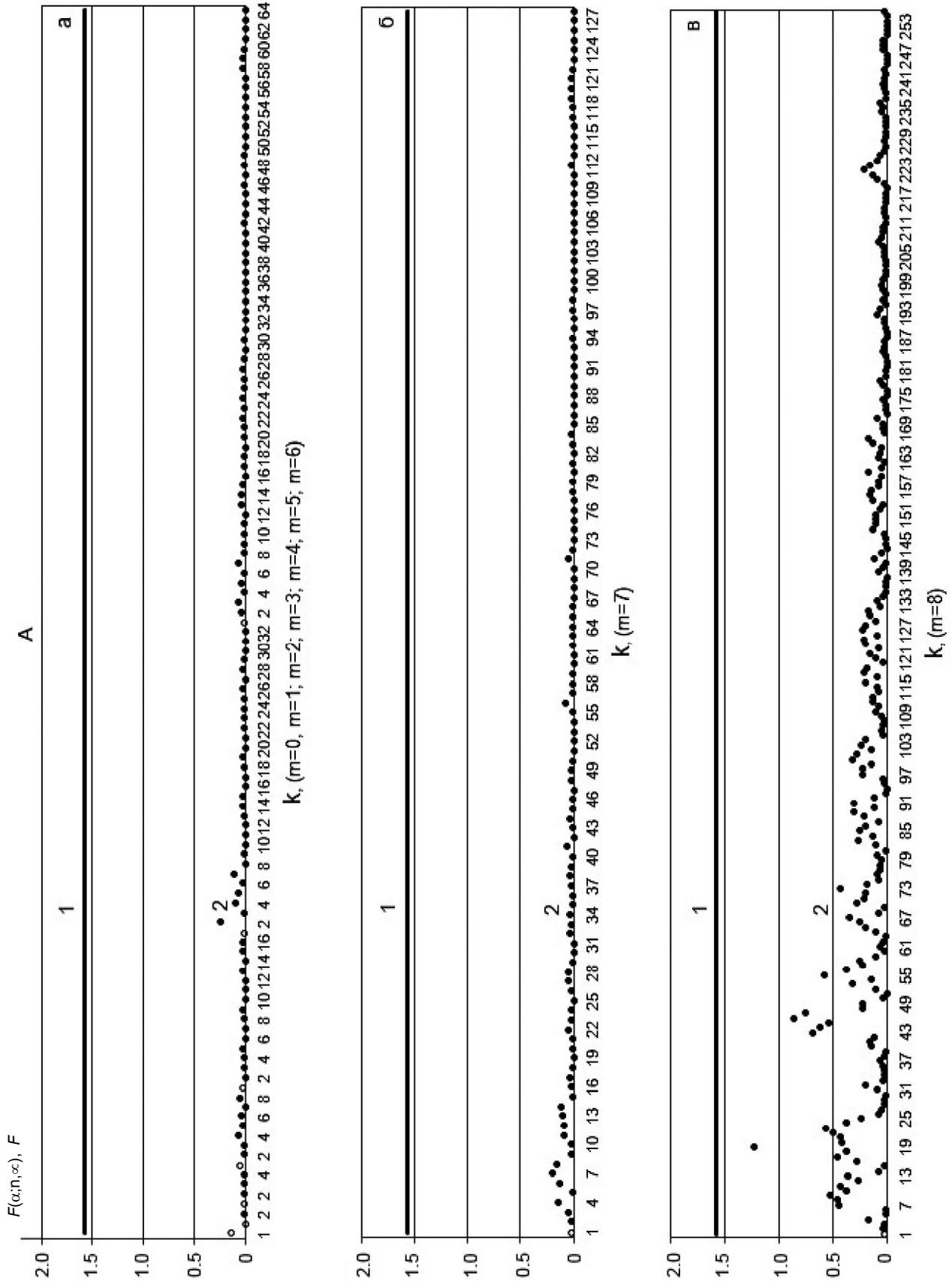


Рис. 2. Пример вейвлетных спектров мощности временного ряда (1) и мощности красного шума (2): точка измерения № 4, высота 10 м, период наблюдения 21.10.2007–09.04.2008 (А); точка измерения № 3, высота 5 м, период наблюдения 27.04.2008–15.10.2008 (Б); точка измерения № 8, высота 1 м, период наблюдения 24.04.2009–12.10.2009 (В). По горизонтали: эквивалентная частота, с⁻¹; по вертикали – плотность энергии, log₁₀(°С²).



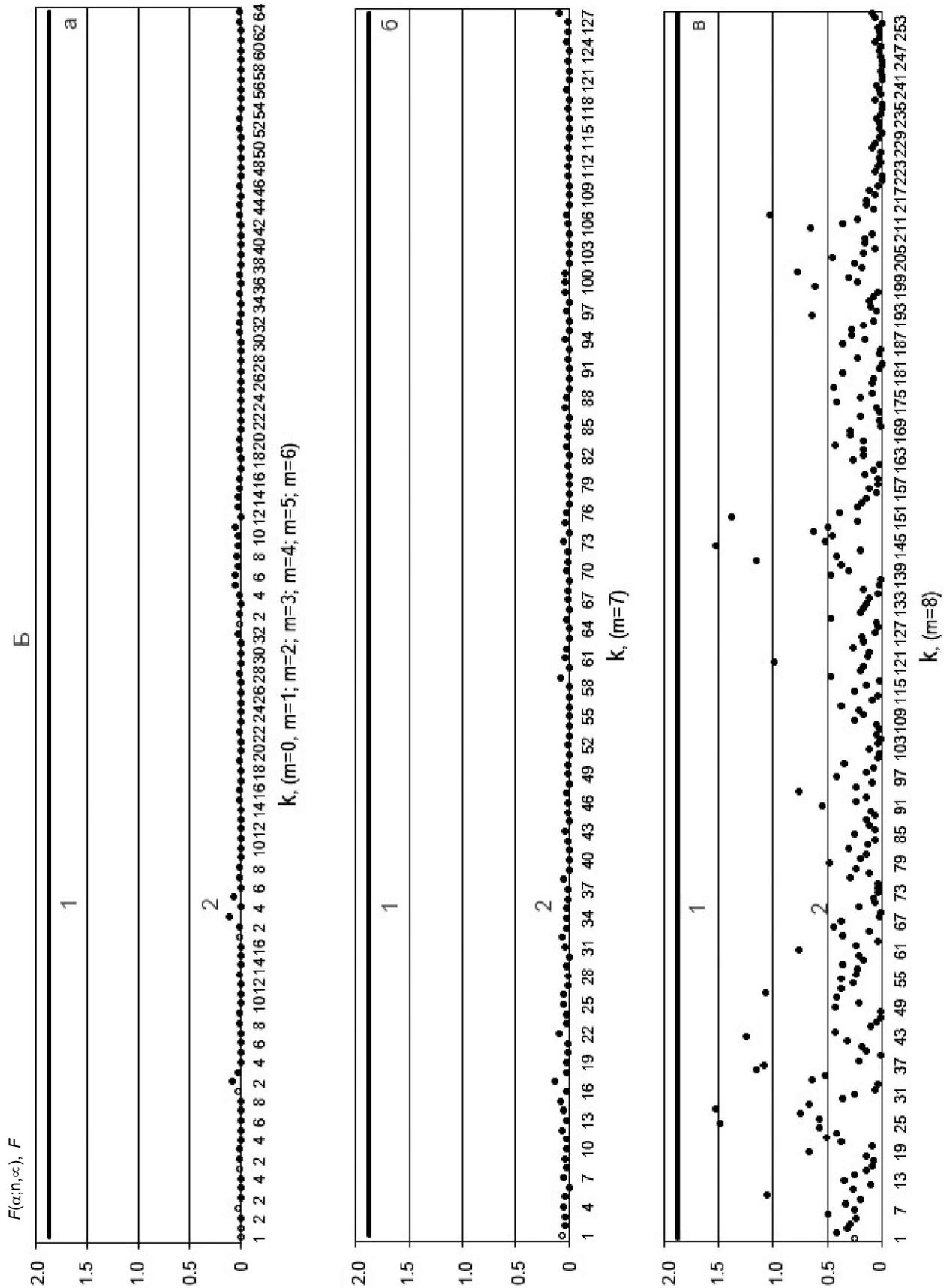


Рис. 3. Значения критического (1) и экспериментального (2) F -критериев для всех коэффициентов разложения полиномов, аппроксимирующих случайные последовательности, в зависимости от m и K_i . Периоды наблюдения: 27.04.2008–15.10.2008 (А) и 24.04.2009–12.10.2009 (Б). По оси абсцисс – номер коэффициента разложения, по оси ординат – значение F -критерия.

ческой записи данное предположение формулируется в виде нулевой гипотезы о том, что все временные последовательности одного периода наблюдения образуют ансамбль реализаций и о равенстве в каждый момент времени математических ожиданий ординат выборочных последовательностей. Проверку гипотезы проводили по методу, изложенному в [8].

Практически, в ходе анализа для каждого периода наблюдений проверяли N гипотез о равенстве в каждый момент времени математических ожиданий ординат выборочных случайных последовательностей (временных рядов), полученных в ходе эксперимента. Нулевую гипотезу верифицировали в вейвлет-пространстве, для преобразования данных применяли FDWT (Fast discrete wavelet transform) [5]. Тип использовавшегося вейвлета – Daubechies, порядок – 7, число уровней разложения – 12. Из вейвлетных спектров временных рядов следует, что превышение шумового спектра приходится на значения масштабов, равных 130-153 и 645-9680. Это позволило сократить число сравнений и ограничиться уровнями разложения с $m = 0, 1, 2$ и 8.

Результаты ANOVA в пространстве вейвлетов, представляющие собой значения F -критерия для всех коэффициентов разложения полиномов, аппроксимирующих случайные последовательности, а также критические значения критерия $F_{кр}(\alpha; k_1; k_2)$, приведены в виде, удобном для зрительного наблюдения и анализа (рис. 3). Критическое значение критерия $F_{кр}(\alpha; k_1; k_2)$ рассчитывали для уровня значимости $\alpha = 0.05$ и степеней свободы $k_1 = (P - 1)$ и $k_2 = P(Q - 1) \infty$, где $Q = N/2$. Количество временных рядов для первого периода наблюдений составило $P = 23$, второго – $P = 21$, третьего – $P = 11$; соответственно критические значения критерия $F_{кр}(\alpha; k_1; k_2)$ оказались равны 1.54, 1.57, 1.88. Количество на-

блюдений для каждого из периодов составило $N = 4094$.

Для каждого из периодов наблюдения полученная в результате расчетов величина статистики F меньше критического значения критерия $F_{кр}(\alpha; k_1; k_2)$ для всех рассматриваемых коэффициентов разложения с одинаковыми индексами m и k , что свидетельствует о справедливости нулевой гипотезы о равенстве выборочных средних коэффициентов разложения аппроксимирующих полиномов.

Для температурных рядов во временной области это означает, что по крайней мере в данном эксперименте различие между оценками математических ожиданий ординат временных рядов в любой момент времени мало и сопоставимо с влиянием случайных возмущений. Следовательно, для каждого временного периода полученные в ходе эксперимента случайные последовательности можно рассматривать как реализации одного случайного процесса. За оценку мгновенной температуры среды в любой точке измерения и в любой момент времени может быть принята детерминированная функция, реконструированная по коэффициентам разложения, определяемым как среднее соответствующих коэффициентов аппроксимирующих полиномов.

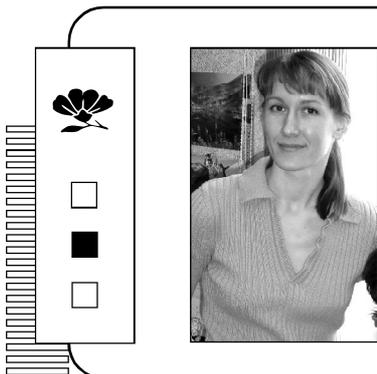
Таким образом, получены данные, характеризующие динамику температурного поля среды (воздуха) в лесной экосистеме. Установлено, что значения температур воздуха во всех точках рассматриваемого пространства лесной экосистемы в любой момент времени совпадают в пределах погрешности измерения. Несмотря на то, что структурные показатели древостоя изменяются на протяжении экспериментальной площади, анализ температурных полей не позволяет выявить никаких особенностей температурных полей, которые можно было бы связать с изменениями структуры древостоя по

горизонтали. Наличие развитого второго яруса на КПП в средней части экспериментальной площади также не отражается на распределении температуры воздуха по вертикали.

Итак, эксперимент не подтверждает зависимости распределения температуры воздушной среды от высоты, по крайней мере для рассмотренной лесной экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атмосфера. Справочник (справочные данные, модели) / Под ред. Ю.С. Седунова и др. Л.: Гидрометеопиздат, 1991. 509 с.
2. Дубов А.С., Быкова Л.П., Марущик С.В. Турбулентность в растительном покрове. Л.: Гидрометеопиздат, 1978. 183 с.
3. (Геххарт Б.) Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен / Б. Геххарт, Й. Джалурия, Р.Л. Махаджан и др. В 2-х книгах. М.: Мир, 1991. Кн. 1. 678 с.
4. Короновский А.А., Храмов А.Е. Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения. М., 2003. 176 с.
5. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005. 671 с.
6. Протопопов В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 327 с.
7. Радченко С.И. Температурные градиенты среды и растения. М.–Л., 1966. 389 с.
8. Тарасов С.И., Урнышев А.П. Метод сравнения случайных последовательностей. Сыктывкар, 2010. 24 с. – (Сер. Новые научные методики и информационные технологии / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 64.).
9. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. СПб.: Наука, 2003. 474 с.
10. Campbell G.S., Norman J. An Introduction to environmental biophysics. N.-Y.: Springer, 1998. 284 p.
11. Torrence C., Compo G.P. A practical guide to wavelet analysis // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1998. Vol. 79. P. 61. ❖



НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Светлане Петровне Масловой с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук (специальности 03.01.05 – «физиология и биохимия растений» и 03.02.08 – «экология» (в биологии) «Экофизиология подземного метамерного комплекса длиннокорневищных растений» (диссертационный совет Д 002. 211.02 при Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН)!

Желаем дальнейших творческих успехов!