



ВЕСТНИК

Института биологии Коми НЦ УрО РАН

ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ
Коренные среднетаежные сосняки

2007
№ 5(115)

ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

Коренные среднетаежные сосняки



Формирование обширных устойчивых коренных сосновых фитоценозов в средней подзоне тайги происходило в голоцене на древнеаллювиальных террасах рек, водно-ледниковых равнинах и заболоченных водораздельных участках. Однако длительное интенсивное лесопользование в среднетаежных сосняках привело к истощению наиболее продуктивных сосновых массивов вдоль сплавных рек и широкомасштабной смене сосны елью и березой. В настоящее время крупные массивы коренных среднетаежных сосняков сохранились в Троицко-Печорском, Усть-Куломском и Удорском районах. Небольшие по площади малонарушенные сосновые леса встречаются также на переувлажненных междуречьях и заболоченных участках, где они представлены в основном экономически невыгодными для лесоэксплуатации низкопроизводительными сосняками долгомошной и сфагновой групп типов леса. В средней подзоне тайги сосновые леса произрастают на площади 47000 км², из них коренные сосняки занимают 17 %.



Сосняки лишайниковые и зеленомошные произрастают на иллювиально-железистых подзолах, развитых на песках. Сосняки сфагновые — на болотно-подзолистых почвах, представленных торфянисто-подзолисто-глееватой иллювиально-гумусовой и торфяно-подзолисто-глеевой иллювиально-гумусовой почвами на песках и супесях.

Древесный ярус сосняков лишайниковых формирует *Pinus sylvestris* (фото 1). В естественном возобновлении доминирует «угнетенный» подрост сосны высотой 0.5-4.0 м. В травяно-кустарничковом ярусе встречаются *Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus*, *Empetrum nigrum*, *Deschampsia cespitosa* и *Arctostaphylos uva-ursi*, единичны *Luzula pilosa*, *Avenella flexuosa*, *Antennaria dioica* и *Festuca ovina*. Среди лишайников, проективное покрытие которых варьирует от 70 до 95 %, содоминируют виды рода *Cladonia*, единично *Cetraria islandica*. В моховом покрове пятнами встречается *Pleurozium schreberi*, рассеяно — виды рода *Dicranum* и единично — виды рода *Polytrichum*.



В древесном ярусе сосняков зеленомошной группы типов леса основным доминантом является *Pinus sylvestris* (фото 2). Также в составе древостоя могут присутствовать *Larix sibirica*, *Betula pubescens* и *Picea obovata*. Подлесок представлен единичными кустами *Sorbus aucuparia*, *Salix caprea* и *Juniperus communis*, *Rubus idaeus* и *Rosa acicularis*. В естественном возобновлении встречается подрост ели, сосны, осины и березы пушистой, редко — кедра и лиственницы. Среди кустарничков обильны *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea*, редко *Empetrum nigrum*, на увлажненных участках растут *Ledum palustre* и *Vaccinium uliginosum*. Повсеместно встречаются *Avenella flexuosa* и *Melampyrum pratense*. В мохово-лишайниковом ярусе (ОПП 85-100 %) доминирует *Pleurozium schreberi*, обильны *Hylocomium splendens* и виды родов *Dicranum* и *Cladonia*, на увлажненных участках появляются пятна видов родов *Polytrichum* и *Sphagnum*.

Древесный ярус сосняков, сформировавшихся на переувлажненных участках, сложен *Pinus sylvestris*, редко встречаются *Picea obovata* и *Betula pubescens*. Подлесок образован *Betula pana*, *Juniperus communis* и видами рода *Salix* (фото 3).

Окончание на обороте



PARUS

ВЕСТНИК

**Института биологии
Коми НЦ УрО РАН**

Издается
с 1996 г.

№ 5 (115)

2007 - ГОД 45-ЛЕТИЯ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ

В н о м е р е

СТАТЬИ

- 2 Стационарные исследования лесных экосистем Севера. **К. Бобкова, Э. Галенко**
- 7 Структура хвои и фотосинтез лиственницы на Крайнем Севере. **С. Загирова**
- 10 Структура и рост микоризы ели сибирской. **Т. Творожникова**
- 13 Дневная динамика водообмена хвои ели в старовозрастных ельниках. **С. Сенькина**
- 15 Возобновительный процесс под пологом притундровых ельников Печорского бассейна.
А. Манов
- 18 Химический состав атмосферных осадков и лизиметрических вод подзола иллювиально-железистого лиственнично-хвойного насаждения средней тайги. **И. Забоева, Т. Пристова**
- 26 Оценка антропогенной трансформации структуры лесного покрова в южнотаежных ландшафтах Республики Коми. **С. Ильчуков**
- 30 Сравнительная оценка состояния древесных растений еловых фитоценозов в зоне аэротехногенного действия целлюлозно-бумажного производства.
Е. Робакидзе, Н. Торлопова, К. Бобкова

СООБЩЕНИЯ

- 34 Размер полусибсовской семьи при испытании плюсовых деревьев сосны по потомству.
А. Туркин, А. Федорков

ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

- 36 Болотные заказники бассейна средней Печоры. **Р. Алексеева, Н. Гончарова**

40 ИСТОРИЯ

- Хроника становления радиобиологических исследований в Коми филиале АН СССР.
О. Попова

Главный редактор: к.б.н. А.И. Таскаев

Зам. главного редактора: д.б.н. С.В. Дегтева

Ответственный секретарь: И.В. Рапота

Редакционная коллегия: д.б.н. М.М. Долгин, к.б.н. Т.И. Евсеева, к.б.н. В.В. Елсаков, д.б.н. С.В. Загирова, к.б.н. К.С. Зайнуллина, к.х.н. Б.М. Кондратенок, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. С.П. Маслова, к.б.н. С.Н. Плюсин, к.б.н. Е.А. Порошин, к.э.н. Е.Ю. Сундуков, к.б.н. И.Ф. Чадин, к.б.н. Т.П. Шубина



СТАЦИОНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРА

д.б.н. К. Бобкова
 гл.н.с. отдела лесобиологических
 проблем Севера
 E-mail: bobkova@ib.komisc.ru
 тел. (8212) 24 50 03

к.г.н. Э. Галенко
 с.н.с. этого же отдела
 тел. (8212) 24 50 03



Научные интересы: *экология леса*

60-е годы ознаменовались всплеском-витком развития в науке биогеоэкологических исследований. Еще в 40-е годы основоположник учения биогеоэкологии академик В.Н. Сукачев определил ее принципы, задачи и направления исследований. Развитие лесов протекает в течение десятилетий и даже столетий, поэтому их изучение должно носить стационарный характер. Комплексные биогеоэкологические исследования растительных сообществ с привлечением экспериментальных методов с 60-х годов стали одним из основных направлений в изучении взаимоотношений между компонентами лесных экосистем.



Н.А. Лазарев
(1911-1967)

Основателем комплексных стационарных лесобиологических исследований в Республике Коми стал заведующий лабораторией лесоведения и лесоводства Института биологии к.с.-х.н. Николай Александрович Лазарев, под руководством которого в 1966 г. был организован и начал функционировать северотаежный Зеленоборский стационар (Печорский р-н). На стационаре начали и

проводили свои изыскания лесоводы, таксаторы, почвоведы, климатологи, физиологи растений, фитопатологи – В.Д. Надуткин, А.Н. Модянов, Л.А. Верхоланцева, Т.Л. Богданова, Л.Н. Фролова, В.А. Артемов, К.С. Бобкова, Э.П. Галенко, Э.А. Бусова, Е.И. Макарова. Перед исследователями была поставлена конкретная цель – изучить биологию и экологию сосны обыкновенной и ели сибирской – основных и наиболее хозяйственно ценных древесных пород таежной зоны, разработать экологические основы биопродуктивности сосновых и еловых лесов. Было заложено более 20 постоянных пробных площадей в различных типах хвойных сообществ. Построена градиентная вышка в сосняке и актинометрическая мачта – в ельнике. В постановке экспериментальной части и аналитической обработке материала большую помощь оказали З.М. Потапова, Н.А. Маркина, Н.С. Сидорова, Ю.А. Модянов, В.П. Балибасов, С.В. Лапин. По материалам исследований защищены две кандидатские диссертации (К.С. Бобкова, Э.П. Галенко), изданы сборники трудов [5, 6, 16], научные сообщения и статьи.

В 1973 г. создан Чернамский лесной стационар (Сыктывдинский р-н). Начались систематические исследования, охватившие хвойные ценозы средней тайги. Заложены 10 постоянных пробных площадей. Тогда в ряды исследователей вливаются молодые сотрудники: В.В. Тужилкина, В.Б. Скупченко, С.Н. Сенькина, Н.В. Ладанова, В.Е. Богомоллова, Н.Л. Смоленцева, С.В. Загирова, инженеры и лаборанты А.И. Патов, В.В. Алексеев, Е.А. Кузив, Э.И. Шугамас. В процессе исследований накапливался материал по микроклимату, эдафическим условиям, биологической продуктивности фитоценозов, цитологии, физиологической активности и обмену веществ вегетативных и генеративных органов сосны и ели. Проведенные исследования на стационарах создали предпосылки для обобщения на качественно новом уровне научных знаний по биологии и экологии хвойных на Севере. Именно на этом стационаре впервые были начаты экофизиологические работы: фотосинтез и водообмен растений. Диссертационные работы на соискание ученой степени кандидата наук защитили В.В. Тужилкина, С.Н. Сенькина, Н.В. Ладанова, Н.Л. Смоленцева, В.Е. Богомоллова, С.В. Загирова. Диссертационные работы В.Е. Богомолловой и С.В. Загировой выполнены под руководством проф. Г.М. Козубова. Итоги углубленного изучения хвойных сообществ нашли отражение в нескольких сборниках научных статей [2, 10, 17], научных сообщениях и статьях. Результаты исследований на стационарах в северной и средней тайге были обобщены в монографиях [4, 7, 12, 13, 18, 19] и стали основой трех докторских диссертаций (К.С. Бобкова, В.Б. Скупченко, Н.В. Ладанова).

Со второй половины 80-х объектом пристального внимания стал вновь организованный Ляльский лесозоологический стационар (Княжпогостский р-н). Стационар площадью 700 га с марта 1993 г. объявлен заказником республиканского значения для проведения научных исследований. На данном стационаре наряду с сотрудниками отдела лесобиологических проблем Севера работают сотрудники отделов геоботаники, почвоведения, лабораторий экологии водных организмов и беспозвоночных животных. С 1986 г. до настоящего времени Ляльский лесозоологический стационар является базой для выполнения комплексных биогеоэкологических исследований среднетаежных лесов. Одно из направлений исследований, которое развивается на стационаре – это изучение биоразнообразия и биопродук-

ционного процесса, обмена вещества и энергии в хвойных и лиственно-хвойных экосистемах (рук. д.б.н. К.С. Бобкова). Работа в данном направлении является логическим продолжением исследований на вышеперечисленных стационарах на новом, более высоком методическом уровне.

На данном стационаре для изучения динамики лесных экосистем заложены 12 постоянных пробных площадей. Для работы в кронах построены градиентные вышки, на одной из них размещена регистрационно-измерительная система для сбора экологических данных, оборудована лаборатория для изучения теплообмена, CO_2 -газообмена растений, дыхания почвы с использованием газоанализаторов «Инфралит 4», «Li CoR 4000». Наряду с опытными исследователями К.С. Бобковой, Э.П. Галенко, В.В. Тужилкиной, С.В. Загировой, С.Н. Сенькиной успешно работают молодые исследователи и аспиранты Н.В. Торлопова, Е.А. Робакидзе, Т.А. Пристова, С.Н. Плюснина, И.М. Бессонов, Т.А. Творожникова, М.А. Кузнецов, Н.В. Герлинг. Оборудование обслуживают опытные инженеры С.Н. Кузин, А.И. Патов, С.П. Швецов.

По результатам исследований на Ляльском лесоэкологическом стационаре защищены кандидатские диссертации З.П. Мартынюком, Н.В. Торлоповой, Е.А. Робакидзе, С.Н. Плюсниной, С.И. Тарасовым, Т.А. Пристовой, А.В. Машикой. По материалам, собранным на двух стационарах средней тайги, защищена докторская диссертация С.В. Загировой. Материалы исследований обобщены в сборнике статей [1] и монографиях: «Структура ассимиляционного аппарата и CO_2 -газообмен у хвойных» [8], «Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера» [3], «Тепловой обмен ели сибирской в условиях подзоны средней тайги» [14], «Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы» [15], «Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции» [11]. Основные результаты:

Установлены зональные, фитоценотические и экотопические закономерности структурной организации и биологической продуктивности, обмена веществ в основных типах хвойных сообществ. Так, если в ельниках северной тайги развиваются в основном абсолютно разновозрастные, то в средней тайге формируются как абсолютно, так и относительно разновозрастные, встречаются редко условно-одновозрастные древостои. В северной тайге хвойные фитоценозы зеленомошной группы к 30 годам накапливают органическое вещество от 30 до 50, а к спелому возрасту – 100-140 т/га. В условиях средней тайги средневозрастные и приспевающие сосновые фитоценозы образуют массу 70-180, спелые – 160-214 т/га. Спелые еловые насаждения аккумулируют 160-220 т/га фитомассы

(В.Д. Надуткин, А.Н. Модянов, К.С. Бобкова). В хвойных фитоценозах северной тайги первичная нетто-продукция (NPP) равна 4.0-7.7, средней – 5.1-10.5 т/га. Годичная продукция в единицах энергии изменяется от $40 \cdot 10^9$ до $205 \cdot 10^9$ Дж/га, а коэффициент использования ФАР за вегетационный период – от 0.4 до 1.9 %. Чистая продукция в разных типах леса изменяется от 1.0 до 3.0 т/га в год (К.С. Бобкова).

Установлены основные закономерности биологического круговорота веществ в хвойных и лиственно-хвойных насаждениях. Составлен годичный баланс элементов питания в ельниках черничных северной и средней тайги, средневозрастных сосняках и лиственно-хвойном фитоценозе средней тайги. Минеральный обмен между почвой и растительностью в хвойных биогеоценозах ограничен, главным образом, биологическим ярусом (фитоценоз-подстилка). Из основных показателей круговорота минеральных элементов следует, что круговорот веществ сильно заторможен. Так, если в ельниках тип круговорота азотно-кальциевый, то в лиственно-хвойном, где в сообществе преобладает осина, – кальциево-азотный (К.С. Бобкова, Т.А. Пристова).

Хвойные фитоценозы, произрастающие на Ляльском стационаре, при изучении влияния техногенных загрязнений на лесные сообщества нами используются как фоновые. Так, оценка состояния сосновых и еловых лесов по методике, разработанной в программе ICP Forest, показала, что индексы поврежденности древостоев сосны изменяются от 0.64 до 0.84, ели – от 0.25 до 0.35, что характеризует их как здоровые. Эти показатели в загрязненных районах в 1.3-3.0 раза выше (Н.В. Торлопова, Е.А. Робакидзе).

Впервые в условиях таежной зоны был детально охарактеризован фитоклимат хвойных сообществ. В хвойных фитоценозах бореальной структуры в вегетационный период световой режим довольно благоприятный. Растения почти во всех типах экосистем

по всему профилю получают достаточное количество солнечной энергии. Радиация, поглощенная пологом древостоя и играющая наиболее существенную роль в энергетическом балансе фитоценоза, составляет в северной подзоне в сосняке 42-69, ельнике – 66-70 %, а в средней тайге этот показатель изменяется от 54-75 % в сосняках до 81 % – в двухъярусном сосново-еловом древостое. Низкая интенсивность продукционного процесса в хвойных сообществах европейского Севера определяется дефицитом тепла и коротким периодом биологической активности (30-40 дней в северной, 70-80 – в средней тайге) (Э.П. Галенко).

В большинстве типов леса создаются крайне жесткие экологические условия в подземной час-



А.И. Патов и В.В. Тужилкина определяют фотосинтез.

ти фитоценоза. Гидротермические условия почв обуславливают жизнедеятельность корней в пределах верхней толщ почвы (Л.А. Верхоланцева, И.В. Забоева).

Установлены закономерности динамики роста вегетативных органов в зависимости от экологических факторов (А.И. Патов, К.С. Бобкова). Ростовые процессы у хвойных растений на Севере протекают при низких положительных температурах.

Установлены суточные, сезонные, возрастные закономерности фотосинтетической активности основных лесообразующих видов. Выявлены адаптивные способности фотосинтеза хвойных к условиям Севера, выражающиеся в функционировании процесса фотосинтеза при низкой положительной температуре, увеличении суточной продолжительности фотосинтетического газообмена летом в условиях длинного светового периода, что, в свою очередь, компенсирует короткий период вегетации. Проведена оценка ежегодного фотосинтетического стока углерода в хвойные фитоценозы европейского Северо-Востока по хлорофилльному индексу (ХИ) и биопродуктивности. Установлена связь между ХИ и количеством углерода, аккумулированного за год в хвойные фитоценозы (В.В. Тужилкина).

В результате изучения дыхания различных органов хвойных растений выявлено, что в условиях средней тайги теневыносливые виды характеризуются значительно меньшей долей затрат ассимилянтов на дыхание, чем светолюбивые. Так, суммарное дыхание хвои, ствола, ветвей и корней у сосны составляет 46.6, ели – 18.6, пихты – 19.7 % видимого фотосинтеза. Эти различия обусловлены соотношением биомассы различных органов и скоростью их CO_2 -газообмена. Углекислотный баланс древостоя в целом зависит от его состава (С.В. Загирова).

Установлена закономерность водного режима ассимиляционного аппарата основных лесообразующих пород в хвойных и лиственно-хвойных фитоценозах. Определены транспирационные расходы, потенциальное содержание влаги в листьях, транспирационные коэффициенты и продуктивность транспирации. Сформулирована концепция влагообмена растений в фитоценозах таежной зоны. Выявлены особенности водного режима древесных растений в экологическом и экотопическом аспектах, показана

видоспецифичность водного обмена. Так, интенсивность транспирации у березы почти в два и три раза выше, чем у сосны и ели соответственно. Обводненность и водный дефицит у хвойных относительно стабилен (С.Н. Сенькина).

Разработана математическая динамическая модель теплового обмена древесного растения. Установлена количественная зависимость температуры структурных частей дерева ели во времени, геометрических размеров и термических характеристик веществ и древесины. В результате определены общие закономерности распределения температуры дерева ели, характерные для условий таежной зоны. Полученные данные открывают перспективу для дальнейшего более глубокого изучения процессов передачи и превращения энергии в лесных экосистемах и создания обобщающей модели, которая позволит описывать теплообмен со средой любого древесного растения (С.И. Тарасов).

Выявлены основные этапы морфогенеза репродуктивных органов, определяющих количественные и качественные показатели урожая семян хвойных. Отмечено, что в условиях северной тайги нарушения в развитии репродуктивных органов хвойных могут быть на всех этапах формирования урожая (В.А. Артемов).

С применением методов электронной и световой микроскопии изучены структурные основы образовательных тканей побегов хвойных растений (В.Б. Скупченко, Н.В. Ладанова). В настоящее время это направление исследований успешно развивается под руководством д.б.н. С.В. Загировой. Так, многолетние исследования позволили выявить закономерности сезонной и возрастной динамики количественных параметров клеток и клеточных органелл фотосинтетического аппарата у основных лесообразующих хвойных пород на Севере. В формирующейся хвое число и объемная доля клеточных органелл в фотосинтезирующих органах зависят от стадий морфогенеза. В хвое старшего возраста динамика количественных параметров клеточных структур мезофилла тесно связана с физиологическими процессами в хвое.

Установлено, что спелые и перестойные еловые сообщества большинства типов в северной и средней подзонах тайги являются стоком углерода.



С.Н. Сенькина. Изучение водного режима деревьев.



К.С. Бобкова, С.Н. Сенькина, С.В. Загирова за разбором модельного дерева.



С.И. Тарасов. Исследование теплообмена ели.



Э.П. Галенко. Наблюдения за освещенностью.

Ежегодно в истинной продукции ельников северной тайги депонируется 0.2-0.4, средней тайги – 0.4-1.2 т/га в год углерода. Средневозрастные, спелые сосновые леса и лиственно-хвойные насаждения ежегодно накапливают углерода в 1.5-2.0 раза больше, чем спелые ельники (К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина, Т.А. Пристова).

Запасы органического углерода в верхнем метровом слое подзолистых почв под хвойно-лиственным насаждением составили 130, ельником черничным свежим – 85, ельником черничным влажным – 151 тга⁻¹. В лесной подстилке аккумулируется от 11 до 21 % общего количества углерода почвы. Накоплению подстилки способствует характерный для региона замедленный тип разложения растительных остатков. Установлена сезонная динамика выделения углекислого газа из почв еловых насаждений. В начале сезона (середина мая) после схода снега его эмиссия составила 0.10-0.20 гСО₂·м⁻²·ч⁻¹, затем наблюдается постепенное увеличение, достигая максимума в июле-августе – 1.0-1.5, и постепенное снижение к концу вегетации – 0.04-0.10 гСО₂·м⁻²·ч⁻¹. Отмечена положительная коррелятивная зависимость скорости эмиссии СО₂ от температуры ($r = 0.34 + 0.91$) и отрицательная – от влажности почвы ($r = -0.44 + 0.86$) (А.В. Машика).

Второе направление исследований, развиваемое на стационаре, – изучение влияния технологии рубок главного пользования на лесовосстановительные процессы и формирование производных насаждений. Исследования были начаты под руководством к.с.-х.н. В.Б. Ларина. Для изучения пространственно-временной динамики развития лесных экосистем после рубок заложена серия постоянных пробных площадей с картированием древесного яруса, подроста и напочвенного покрова. В данном направлении успешно работал к.с.-х.н. Ю.А. Паутов и защитил диссертацию на соискание ученой степени к.б.н. С.В. Ильчуков. Им же издана монография «Динамика структуры лесного покрова на сплошных вырубках» [9].

Раскрыты особенности процессов формирования насаждений на вырубках от условий их произрастания, применяемых способов и технологий рубок.

Чем сильнее повреждается в ходе сплошной рубки исходный биотоп, тем интенсивнее и длительнее происходит процесс смены древесных пород. На пасечных участках с малонарушенным напочвенным покровом и оставшимся еловым тонкомером и подростом ель сохраняет свое господствующее положение. На участках вырубки со средней степенью техногенного нарушения (трелевочные волока) формируются низкополнотные лиственные насаждения, а на участках с сильной степенью нарушения (погрузочные площадки) – высокополнотные производительные лиственные древостой.

Третье направление исследований, развиваемое на стационаре – изучение болотных и заболоченных лесных экосистем (В.В. Пахучий и Р.Н. Алексеева). Изучали влияние осушения и строительства дорог на структуру растительного покрова и характер торфообразования. На осушенных территориях отмечены заметные изменения растительного покрова, особенно травяно-кустарничкового и мохового ярусов. После осушения заболоченных территорий в межканальном пространстве с однородным строением торфяной залежи наблюдается неоднородность водного режима. Сравнение растительности вблизи каналов и на середине межканального пространства показало, что при продолжительном осушения (девять лет) на этих участках не наблюдается отличие состава или структуры растительного покрова в случае, если почвенный покров, стратиграфия торфяной залежи сравниваемых опытных участков идентичны. Это обстоятельство косвенно указывает на допустимость уменьшения расстояний между каналами по сравнению с существующими. Болото Донь-Нюр, расположенное на территории Ляльского стационара, сосново-кустарничково-сфагновое переходного типа и представляет интерес как болотный заказник, охраняется как клюквенное и морошковое (постановление Совмина Коми АССР № 484 от 30 ноября 1978 г.).

При организации и проведении стационарных исследований большая организаторская и хозяйственная нагрузка ложится на начальников экспедиций. Нам хотелось бы особо отметить работу А.Н.



А.В. Машика. Измерение эмиссии CO₂ из почвы.



С.Н. Кузин. Настройка измерительного оборудования.

Модянова, который был почти бессменным начальником отряда на Зеленоборском стационаре. На Чернамском стационаре в начале его основания начальниками отряда были К.С. Бобкова, затем Э.П. Галенко и В.В. Тужилкина. На Ляльском стационаре при его организации большую работу провел Ю.А. Паутов, затем в течение многих лет возглавляет отряд А.И. Патов. На всех этапах организации стационаров очень большую роль выполнял В.А. Артемов.

Итак, на основе исследований на стационарах развиваются концепция функционирования лесных экосистем в условиях севера лесной зоны и теория формирования насаждений в зависимости от условий произрастания, применяемых способов и технологии рубок. Материалы исследований позволяют раскрыть основные закономерности биопродукционного процесса, динамики древостоев коренных и производных насаждений. Данные о биопродукции и углеродном цикле послужат основой для оценки роли лесных экосистем республики в углеродном цикле атмосферы. Постоянные пункты наблюдений (постоянные пробные площади) являются основой для экологического мониторинга и оценки динамики биоразнообразия лесных экосистем.

На базе стационаров периодически проводятся международные и всероссийские совещания. Двери Ляльского стационара всегда открыты как для российских, так и для зарубежных коллег. На Зеленоборском стационаре в 2002-2005 гг. проведены исследования по проекту «SPICE». В 2006 г. Ляльский стационар включен в международную мониторинговую сеть программы «Лес» ICP-Forest. С 2007 г. на базе стационара начаты исследования по международному проекту программы «Carbo-Nortch».

ЛИТЕРАТУРА

1. Биогеоэкологические исследования таежных лесов (Ляльский лесозооэкологический стационар). Сыктывкар, 1994. 184 с. – (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 133).
2. Биогеоэкологические исследования хвойных фитоценозов на Севере. Сыктывкар, 1983. 91 с. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 59).

3. Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера / К.С. Бобкова, Э.П. Галенко, И.В. Забова и др. СПб.: Наука, 2001. 278 с.

4. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л., 1987. 156 с.

5. Вопросы биологии леса. Сыктывкар, 1970. 107 с. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 19).

6. Вопросы экологии сосняков Севера. Сыктывкар, 1972. 136 с. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 24).

7. Галенко Э.П. Фитоклимат и энергетические факторы продуктивности хвойного леса европейского Севера. Л., 1983. 129 с.

8. Загирова С.В. Структура ассимиляционного аппарата и CO₂-газообмен у хвойных. Екатеринбург, 1999. 108 с.

9. Ильчуков С.В. Динамика структуры лесного покрова на сплошных вырубках (подзона средней тайги, Республика Коми). Екатеринбург, 2003. 120 с.

10. Комплексные биогеоэкологические исследования хвойных лесов европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1985. 111 с. – (Тр. Коми фил. АН СССР, № 73).

11. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / К.С. Бобкова, Э.П. Галенко, С.В. Загирова и др. СПб.: Наука, 2006. 337 с.

12. Ладанова Н.В., Тужилкина В.В. Структурная организация и фотосинтетическая активность хвой ели сибирской. Сыктывкар, 1992. 100 с.

13. Скупченко В.В. Органогенез вегетативных и репродуктивных структур ели. Л., 1985. 80 с.

14. Тарасов С.И. Тепловой обмен ели сибирской в условиях подзоны средней тайги. Сыктывкар, 2003. 96 с.

15. Торлопова Н.В., Робакидзе Е.А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы. Екатеринбург, 2003. 146 с.

16. Экология ельников Севера. Сыктывкар, 1977. 96 с. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 32).

17. Экология роста и развития сосны и ели на северо-востоке европейской части СССР. Сыктывкар, 1979. 121 с. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 44).

18. Эколого-биологические основы повышения продуктивности таежных лесов европейского Севера / В.А. Артемов, К.С. Бобкова, А.В. Веретенников и др. Л., 1981. 232 с.

19. Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского Северо-Востока. Сыктывкар / К.С. Бобкова, Э.П. Галенко, С.В. Загирова и др. Сыктывкар, 1993. 176 с. ❖



СТРУКТУРА ХВОИ И ФОТОСИНТЕЗ ЛИСТВЕННИЦЫ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

д.б.н. **С. Загирова**
 зав. отделом лесобиологических проблем Севера
 E-mail: zagirova@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: *анатомия, ультраструктура, фотосинтез хвойных растений*

Лиственница является самой распространенной лесообразующей породой на территории Евразии и Северной Америки. В европейской части России этот вид характеризуется фрагментарным ареалом, считается вымирающей и вытесняемой другими видами породой [3]. В Республике Коми лиственничные леса занимают 253.7 тыс. га [10]. Согласно Ю.П. Юдину [15] и В.А. Мартыненко [9], основными типами лесов лиственничной формации здесь являются лиственничники зеленомошные, лишайниковые, долгомошные, сфагновые и травянистые. В течение довольно длительного периода обсуждается вопрос о видовой принадлежности лиственницы, произрастающей на европейском Северо-Востоке. В.Н. Сукачевым [13] она была описана как *Larix sibirica* Ledeb. В последующем А.В. Дылис [3], занимаясь географией и систематикой лиственницы сибирской, выделил северорусскую лиственницу в самостоятельный вид и назвал ее *Larix Sukaczewii* N. Dyl., которая характеризуется более примитивными чертами и является деградирующим видом с плохим семенным возобновлением. Однако самостоятельность данного вида признается не всеми авторами [2]. Эколого-физиологические особенности лиственниц, произрастающих в Сибири, достаточно хорошо изучены [7, 12, 16, 18]. Лиственница считается светолюбивым и быстрорастущим лесообразующим видом, который характеризуется высокой фотосинтетической продуктивностью в условиях жаркого и достаточно влажного лета [7]. Характеристика морфологической структуры и фотосинтетической активности побегов лиственницы в условиях европейского Севера отражены в единичных работах [1, 6, 11]. Цель наших исследований состояла в выявлении структурно-функциональных особенностей хвои лиственницы, произрастающей в крайнесеверной тайге. В силу того, что систематическое положение лиственниц на Урале остается дискуссионным, мы придерживаемся взгляда о принадлежности ее к *Larix sibirica*.

Материал собирали в 2004-2006 гг. в Усть-Цилемском районе Республики Коми (65°41' с.ш., 52°19' в.д.) в период проведения комплексных экспедиций сотрудниками отдела лесобиологических проблем Севера. В качестве объектов исследований были выбраны деревья лиственницы сибирской, произрастающие в нескольких типах сообществ:

Тип древостоя	Высота дерева, м	Диаметр, см	Возраст, лет
Ельник чернично-сфагновый	15	23 (без коры)	228
Лиственничник брусничный	19	38 (без коры)	358
Ельник долгомошно-сфагновый	15	24	168

Из средней части кроны каждого дерева отбирали по 10-15 ауксибластов разного возраста. Для анатомических исследований двухлетнюю хвою фиксировали в 70 %-ном растворе этилового спирта. Одновременно фиксировали образцы для электронно-микроскопических исследований по общепринятой методике. Морфометрию ультратонких срезов проводили на электронном микроскопе Tesla 500 (Чехословакия). Скорость видимого фотосинтеза хвои двухлетних побегов в средней части кроны измеряли с помощью LiCor 6400 (США). Скорость фотосинтеза рассчитывали на площадь поверхности хвои, используя формулу [14]. Значения ФАР, температуры и влажности воздуха, приведенные в рисунках и таблицах, соответствуют показаниям прибора в момент измерения газообмена. В силу того, что работа газоанализатора в полевых условиях ограничена во времени, для сравнительного анализа использовали только те данные суточных наблюдений, которые были получены с 9 до 16 ч.

Лиственница, произрастающая на севере Русской равнины, представляется прямоствольными деревьями с высоко поднятой флагообразной кроной,

у которых часто отмечается усыхание или искривление верхушки. Известно, что у лиственницы формируются два типа побегов – ауксибласты (удлиненные побеги) и брахибласты (укороченные побеги). На ауксибластах хвоя образуется только в первый год их развития. В их пазухах формируются брахибласты, на которых ежегодно образуется «пучковая» хвоя. В усло-

виях средней тайги брахибласты сохраняются на ветвях лиственницы до 15 и более лет [11]. В зависимости от эндогенных и экзогенных факторов в апексе некоторых укороченных побегов вместо хвои могут закладываться ауксибласты, микро- и макростробилы. На Крайнем Севере у исследованных нами деревьев брахибласты сохраняли способность формировать хвою до 17-летнего возраста. Ауксибласты разного возраста достоверно не различались по длине и общему количеству брахибластов. Однако на третий год жизни резко снижалось число охвоенных брахибластов. Размеры укороченных побегов увеличивались с возрастом. Возможно, с этим связано повышение размеров конуса нарастания, числа и размеров хвоинок по мере старения брахибластов (табл. 2). Брахибласты у лиственницы рассматриваются как эволюционно более молодые образования, что дает лиственнице ряд преимуществ по сравнению с другими хвойными. Благодаря им суммарная поверхность хвои лиственницы превышает поверхность неассимилирующих органов надземной части в 16 раз, в то время как у ели всего лишь в пять-семь [8]. Это позволяет лиственнице снизить расходы на ды-

Размеры апекса брахибластов и хвои лиственницы

Таблица 1

Возраст, лет	Апекс, мм		Хвоя, мм		
	ширина	высота	ширина	толщина	длина
2	0.68 ± 0.01	0.70 ± 0.01	0.73 ± 0.05	0.47 ± 0.01	21 ± 3
3	0.80 ± 0.05	0.78 ± 0.01	0.75 ± 0.05	0.50 ± 0.02	24 ± 2
8	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.05	0.45 ± 0.01	27 ± 2
13	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.87 ± 0.02	0.45 ± 0.01	27 ± 3

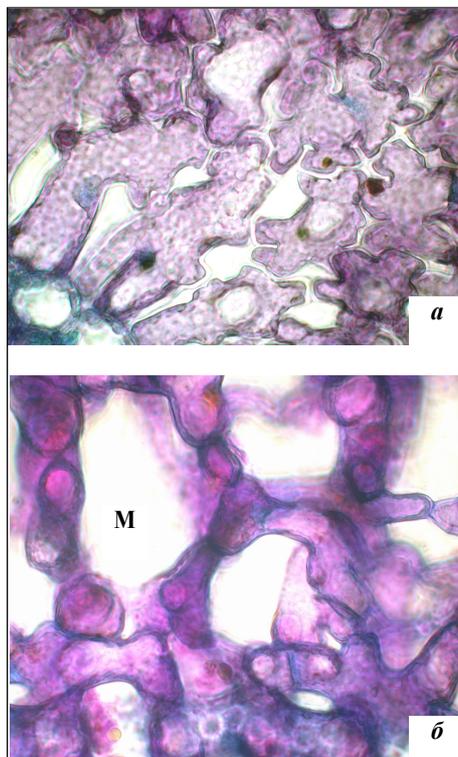


Рис. 1. Клетки мезофилла на поперечном (а) и продольном (б; м – межклетник) срезах хвои лиственницы. Ув. ×500.

хание ветвей и ствола и более эффективно использовать фотоассимиляты на рост, поэтому лиственница способна быстро расти, формируя высокопродуктивные светлохвойные леса.

Признаки светолюбия лиственницы выражены прежде всего в структуре ее хвои, в которой 75-80 % объема занимает мезофилл. Клетки мезофилла лиственницы, в отличие от теневыносливой ели сибирской, имеют ярко выраженную складчатость (рис. 1), высокий парциальный объем межклетников в мезофилле, утонченные клеточные оболочки, повышенное число хлоропластов и митохондрий, высокую насыщенность пластид мембранами (табл. 2). Усиление складчатости клеток приводит к увеличению в 1.5 раза

их поверхности при сохранении постоянства объема [4]. Поэтому расширение межклеточного пространства и тонкие клеточные оболочки способствуют увеличению скорости диффузии газов из атмосферы к клеткам мезофилла и хлоропластам и, соответственно, повышают скорость фотосинтеза. Таким образом, для лиственницы характерно увеличение площади суммарной ассимилирующей поверхности благодаря увеличению поверхности клеток мезофилла, хлоропластов, фотосинтетических мембран, что повышает активность обмена CO₂ между атмосферой и хвоей. Согласно нашим данным, количественные показатели ультраструктуры клеток лиственницы сибирской относительно стабильны и мало варьируют в пределах таежной зоны на европейском Северо-Востоке. Исходя из этого, можно было бы предположить, что лиственница будет иметь сходные величины фотосинтеза независимо от условий произрастания.

Фотосинтетическая способность растения определяется генотипом, поэтому у разных видов лиственниц величина максимального фотосинтеза значительно различается. Высокая ассимиляционная способность (8.6-10.4 мкмоль м⁻²с⁻¹) характерна для лиственницы Гмелина, произрастающей в условиях резко континентального климата Восточной Сибири, что связывают с повышенной устьичной проводимостью хвои [18]. В экстремальных условиях у данного вида снижение максимальной скорости ассимиляции на 75 % обусловлено низкой влажностью воздуха. У лиственницы Каяндера, произрастающей в зоне вечной мерзлоты в Якутии, величина скорости фотосинтеза в условиях теп-

лой и влажной погоды достигала 6.3-13.5 мкмоль м⁻²с⁻¹, а в засушливые годы снижалась в 1.6-2.0 раза [16]. Авторы считают, что фотосинтез лиственницы лимитируется такими факторами, как обеспеченность минеральным питанием и влагой. Согласно другим исследованиям, наиболее значимым для фотосинтеза лиственницы Гмелина является свет, затем температура и влажность воздуха [12]. На юге Восточной Сибири у лиственницы сибирской максимальную интенсивность видимого фотосинтеза (около 3.0 мкмоль м⁻²с⁻¹) отмечали в условиях жаркого и умеренно влажного лета [8]. Оптимальные диапазоны температуры и радиации для фотосинтеза значительно сокращались в засушливые годы. В Архангельской области у лиственницы сибирской в июле скорость фотосинтеза достигала 27.7 мг СО₂/г ч [6]. В северной тайге максимальная скорость ассимиляции СО₂ хвои данного вида составила 10.1 мг/г ч [1], что в 2.0-2.5 раза ниже, чем у лиственницы европейской в Московской области [8]. У лиственницы европейской в условиях Западной Европы видимый фотосинтез имел величину 3.0 мкмоль м⁻²с⁻¹ [17].

На севере Русской равнины, в условиях холодного климата и избыточного увлажнения почвы, жаркая и сухая погода в период вегетации наблюдается редко. На Крайнем Севере скорость фотосинтеза лиственницы сибирской в июле при малооблачной теплой погоде и достаточной влажности воздуха не превышала 3.0 мкмоль м⁻²с⁻¹, а в пасмурную погоду снижалась в 1.5-2.0 раза (табл. 3). В ясные и теплые дни сентября хвоя была способна активно фотосинтезировать, несмотря на то, что в это время она уже начинала желтеть. Полученные нами величины близки к результатам, полученным для лиственницы сибирской в условиях юга Восточной Сибири [7]. Влияние экологических факторов на скорость фотосинтеза лиственницы неоднозначно. Величина фотосинтеза определялась интенсивностью ФАР и в условиях теплой с небольшими дождями погоды июля хвоя продолжала активно ассимилировать СО₂ при температуре 30-32 °С (рис. 2). Зависимость фотосинтеза от температуры и влажности воздуха у лиственницы выражена слабее. Увеличение температуры в пределах 15-25 °С положительно влияло на этот процесс, а при влажности воздуха выше 60 % скорость фотосинтеза снижалась. Это

Таблица 2

Количественная характеристика клеток мезофилла хвои лиственницы и ели

Показатель	Лиственница	Ель [5]
Длина хвои, мм	21 ± 3	11 ± 4
Парциальный объем межклетников, %	48 ± 7	20 ± 4
Толщина клеточной оболочки, мкм	0.29 ± 0.09	0.77 ± 0.16
Число (на срез клетки)		
хлоропласты	26 ± 6	20 ± 3
митохондрии	23 ± 6	18 ± 6
Площадь среза хлоропласта, мкм ²	4.2 ± 1.0	4.6 ± 1.2
Диаметр митохондрии, мкм	0.5 ± 0.2	0.7 ± 0.1
Число (на срез хлоропласта)		
сумма тилакоидов	138 ± 10	115 ± 8
пластоглобул	11 ± 3	24 ± 7
Содержание хлорофилла, мг г ⁻¹ сырой массы	0.51 ± 0.11	0.40 ± 0.02

Диапазон изменчивости скорости фотосинтеза лиственницы на Крайнем Севере

Дата	Характер погоды	Фотосинтез, мкмоль м ⁻² с ⁻¹	ФАР, мкмоль м ⁻² с ⁻¹	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %
29.07.04	Слабая облачность	0.90-2.64	120-1070	19.2-32.8	23-64
30.07.04	То же	0.70-2.58	70-954	20.4-31.6	30-59
31.07.04	Сплошная облачность	0.67-1.42	58-833	13.6-22.8	45-78
09.09.06	Переменная облачность	0.22-2.66	63-742	9.9-22.0	45-84
12.09.06	Сплошная облачность	0.29-1.47	54-865	7.5-11.5	55-82

указывает на то, что на Севере в условиях избыточно увлажнения дефицит воды в атмосфере и почве не лимитирует фотосинтез лиственниц, в отличие от районов Сибири с его континентальным климатом, поэтому сумма ассимилированного углерода за период вегетации определяется количеством дней с ясной и теплой погодой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С., Тужилкина В.В. Углеродный цикл в еловых экосистемах // Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. С. 265-288.

2. Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР. Л.: Наука, 1978. 189 с.

3. Дылис Н.В. Сибирская лиственница. М.: Изд. Моск. общ. исп. прир., 1947. 137 с.

4. Иванова Л.А., Пьянков В.И. Структурная адаптация мезофилла листа к затенению // Физиология растений, 2002. Т. 49, № 3. С. 467-480.

5. Загирова С.В. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата хвойных растений елового фитоценоза // Бот. журн., 2004. Т. 89, № 11. С. 1795-1809.

6. Коновалов В.Н. Физиологическое состояние лиственницы на гарях и вырубках Крайнего Севера // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство. Архангельск, 2002. С. 37-40.

7. Максимальная интенсивность фотосинтеза ели сибирской и лиственницы сибирской в Прибайкалье / Г.Г. Суворова, А.С. Щербатюк, Л.С. Янькова и др. // Лесоведение, 2003. № 6. С. 58-65.

8. Малкина И.С. Обмен CO₂ молодых деревьев лиственницы // Лесоведение, 1995. № 5. С. 59-66.

9. Мартыненко В.А. Светлохвойные леса // Леса Республики Коми. М., 1999. С. 105-131.

10. Непомилуева Н.И., Лащенко И.Н. Таежные эталоны европейского Северо-Востока: охраняемые территории и генетические резерваты. Сыктывкар, 1993. 146 с.

11. Паутова Н.В. Структура кроны лиственницы // Лесоведение, 2002. № 4. С. 3-13.

12. Применение объединенной модели фотосинтеза и устьичной проводимости к анализу ассимиляции углерода елью и лиственницей в лесах России / М.Д. Корзухин, Н.Н. Выгодская и др. // Физиология растений, 2004. Т. 51, № 3. С. 341-354.

13. Сукачев В.Н. К истории развития лиственниц // Лесное дело. Л., 1924. С. 12-44.

14. Цельникер Ю.Л. Упрощенный метод определения площади поверхности хвои лиственницы // Лесоведение, 1996. № 3. С. 86-91.

15. Юдин Ю.П. Лиственничные леса // Производительные силы Коми АССР. М., 1954. Т. III, ч. I. С. 157-185.

16. Эколого-физиологические особенности фотосинтеза лиственницы Каяндера в криолитозоне / Т.Х. Максимов, А.П. Максимов, А.В. Кононов и др. // Лесоведение, 2005. № 6. С. 3-10.

17. Environmental control of CO₂-assimilation and leaf conductance in *Larix decidua* Mill. 1. A comparison of contrasting natural environments / U. Benecke, E.-D. Schulze, R. Matyssek et al. // Oecologia, 1981. № 50. P. 54-61.

18. Leaf conductance and CO₂ assimilation of *Larix gmelinii* growing in an eastern Siberian boreal forest / N.N. Vygodskaya, I. Milukova, A. Varlagin et al. // Tree Physiology, 1997. Vol. 17. P. 607-615. ❖

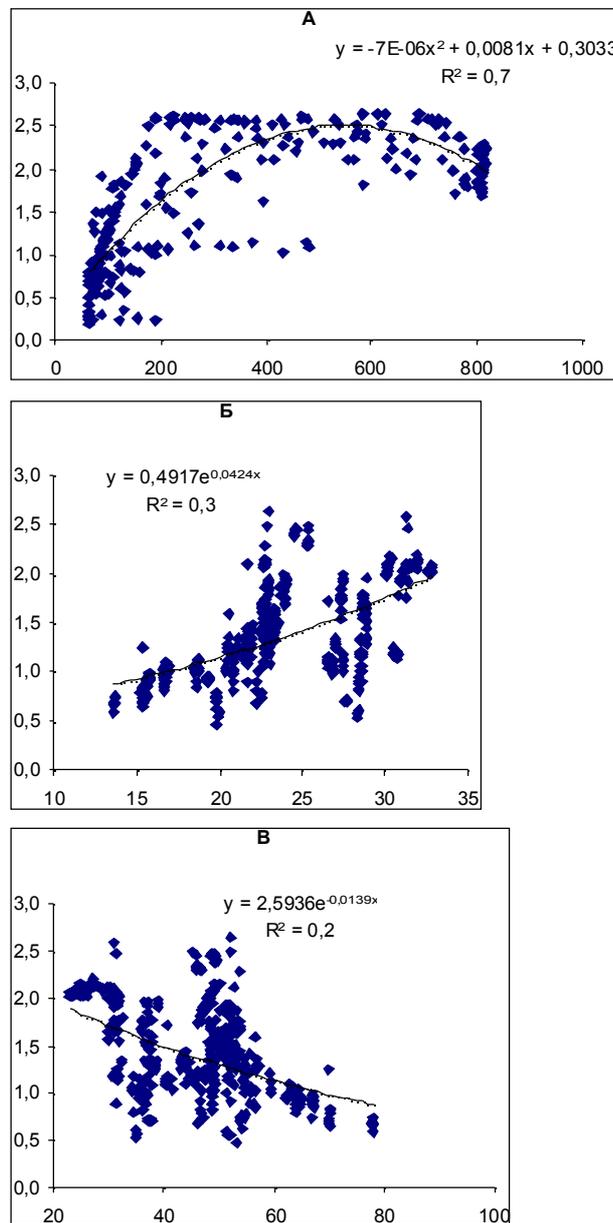


Рис. 2. Влияние интенсивности ФАР, мкмоль м⁻²с⁻¹ (а), температуры, °С (б) и влажности, % (в) воздуха на скорость фотосинтеза лиственницы (мкмоль м⁻²с⁻¹).



СТРУКТУРА И РОСТ МИКОРИЗЫ ЕЛИ СИБИРСКОЙ

Т. Творожникова

асп. отдела лесобиологических проблем Севера
E-mail: tvornikova@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: микориза, структура, рост, дыхание тонких корней

Микориза – симбиоз корней высших растений и гриба. Различают экто- и эндотрофные микоризы. У древесных растений чаще встречаются эктотрофные микоризы, морфо-анатомическая структура которых изучена у многих древесных растений. Известно, что в большинстве случаев эктомикоризы формируются на укороченных, всасывающих корневых окончаниях растений, реже – на медленно растущих корнях. У микоризованных корней отсутствуют корневые волоски, они утолщены и имеют на поверхности гифальные образования различной структуры. Рост корней может зависеть от температуры, влажности почвы, уровня грунтовых вод, а также от некоторых внутренних биохимических и физиологических особенностей дерева. Ель сибирская является основной лесобразующей породой на европейском Северо-Востоке. Основная масса ее корней (до 89.2 %) сосредоточена в верхнем 10-сантиметровом слое почвы [1]. Работ, посвященных изучению структуры и роста корневых окончаний ели на Севере, сравнительно мало в связи с методическими трудностями проведения исследований в природных условиях. Цель нашей работы – сравнить морфо-анатомическую структуру и рост микоризных корней ели сибирской в двух типах еловых фитоценозов.

Исследования проводили в 2006 г. в подзоне средней тайги в двух типах хвойных фитоценозов: ельнике черничном и ельнике сфагновом. Рост корневых окончаний наблюдали по методике А.Я. Орлова [9]. На каждой пробной площади были выбраны модельные корни (четыре повторности в ельнике черничном, две – в ельнике сфагновом), у которых наблюдали рост с начала июня по октябрь. Температуру в подстилке регистрировали логгерами Thermochron, влажность почвы определяли весовым методом. В районе проведения наблюдений максимальная температура подстилки отмечается обычно в конце июля – начале августа. В 2006 г. на Севере лето было аномально холодным, и мы наблюдали два пика максимальных температур: в середине июня и во второй половине августа. В ельнике сфагновом температура подстилки была ниже, а влажность выше, чем в ельнике черничном. Минимальное значение влажности почвы наблюдали в первой половине июня, что было связано с установившейся в этот период жаркой и сухой погодой. Для морфо-анатомического анализа образцы корней фиксировали в 70 %-ном спирте, срезы готовили на вибрационном микротоме и окрашивали анилиновым синим в молочной кислоте по стандартной методике, просматривали в микроскоп Axiovert 200M и фотографировали. Тип строения грибного чехла, его структуру описывали по [4, 12]. Толщину, общий диаметр микоризного окончания измеряли с

помощью окуляр-микрометра. Плотность микориз определяли по [12], подсчитывали долю разветвленных микориз и измеряли длину корневых окончаний.

Все лесобразующие древесные растения таежной зоны имеют эктомикоризы, сохраняя при этом способность к формированию безмикоризных окончаний с корневыми волосками. Количество корневых волосков увеличивается при неблагоприятных для микоризообразования условиях. Наиболее часто они встречаются у ели, реже – у сосны и почти отсутствуют у лиственницы [15]. Корневые окончания Р.К. Салаяев [11] подразделяет на ростовые быстрорастущие, ростовые медленно растущие, сосущие и сосущие. Для ели сибирской А.Е. Катенин [6] выделяет булавовидную, папоротниковидную, гроздевидную формы микоризных окончаний. Микоризные окончания хвойных К.И. Еропкин [6] делит на простые, переходные, сложные и считает, что формы микоризных окончаний определяются возрастом микориз, систематической принадлежностью растения-хозяина и экологическими условиями. В связи с этим молодые микоризные окончания хвойных имеют булавовидную форму, с возрастом они преобразуются у сосны в коралловидные микоризные окончания, у ели и пихты – в рыхлогроздевидные и папоротниковидные. Для ели, как считает Н.Ф. Мартикайнен [9], характерно моноподиальное и перистое ветвление. По данным К.С. Бобковой [1], для микоризных корней ели в условиях северной тайги характерно моноподиальное ветвление, они образуют булавовидную, папоротниковидную и гроздевидную формы. В условиях Среднего Урала большая часть микориз ели обыкновенной не ветвится и имеет булавовидную или веретеновидную форму, сложные микоризы (гроздевидные, папоротниковидные) ветвятся моноподиально и содержат до 30 микоризных окончаний [2]. Согласно нашим наблюдениям, в исследованных фитоценозах у ели формируются папоротниковидные микоризные окончания, корневые волоски на их поверхности отсутствуют (рис. 1). Основным признаком при идентификации микориз по анатомическому строению является структура мицелиального чехла. Согласно классификации И.А. Селиванова [12], у ели сибирской формируются эумицетные хальмофаговые эктомикоризы, образованные преимущественно базидиальными грибами, а также некоторыми сумчатыми и несовершенными грибами.

В исследованных нами сообществах на поперечном срезе корень имел округлые очертания с хорошо развитым грибным округлым плектенхиматическим (войлочным) строением подтипов А, В, С и D, а также псевдопаренхиматические чехлы подтипов G, H, I. Большая часть микориз снабжена чехлами А

и В. С возрастом поперечный срез приобретал форму многолучевой звезды в связи с потерей тургора клеток, что отмечалось ранее другими авторами [9]. Объемная доля грибного чехла варьировала в следующих пределах: минимальные значения составляли 4.9 и 7.5 %, максимальные – 38.6 и 47.1 % в сфагновом и черничном типах ельников соответственно. Наши результаты согласуются с данными других авторов о варьировании доли грибного чехла у хвойных растений в пределах 2-80 % [3]. Величина объемной доли гриба зависела от толщины и площади поперечного сечения чехла, а не от радиуса и площади сечения корня (см. таблицу). Согласно исследованиям Д.В. Веселкина [3], внутривидовые размахи доли гриба обусловлены экологической изменчивостью. Мы наблюдали варьирование эктомикориз от 320 до 700 мкм в сфагновом типе и от 280 до 700 – в черничном, толщина чехла соответственно от 10 до 45 и от 10 до 57.5 мкм. Различия в разных типах ельников по толщине чехла и диаметру микориз были незначительны. Глубина проникновения гиф в корень обычно составляет два-три слоя клеток [13]. Согласно нашим наблюдениям, сеть Гартига в среднем распространяется до четырех-пяти слоев клеток коры. Различия в плотности микориз были выражены слабо, их средние значения в ельнике черничном – 0.56, сфагновом – 0.57 шт./мм корня. По данным Д.В. Веселкина [2], плотность микориз ели обыкновенной составляет 55.71 ± 2.70 шт./10 см корней.

Интересным является вопрос о развитии эктомикоризы у древесных растений. Известно, что выделение грибом метаболитов вызывает усиленное ветвление сосущих корешков. По мнению одних авторов [14], гриб оплетает эти корни, образуя грибной чехол, а затем сеть Гартига или наоборот: сначала внедряется в корень, формируя сеть Гартига, а впоследствии развивается чехол. По данным К.И. Еропкина [5], короткие сосущие или относительно длинные ростовые корешки захватываются гифами гриба при достижении 2-3 мм длины, и на полное формирование простейшего булавовидного окончания затрачивается 18-20 дней. Короткие сосущие корешки растут, как отмечали Р.К. Салаяев [11] и В.И. Шубин [15], находясь все время под покровом грибного мицелия. Это подтверждается и нашими наблюдениями. Микоризные корни закладываются под перидиклом растущие-сосущих корневых окончаний (рис. 2). В начале закладки микоризного окончания под перидиклом выделяются клетки с плотной цитоплазмой, которые начинают делиться. Их количество постепенно увеличивается, образуя растущий корень. Нарастая в длину, его кончик изначально покрыт грибным чехлом.

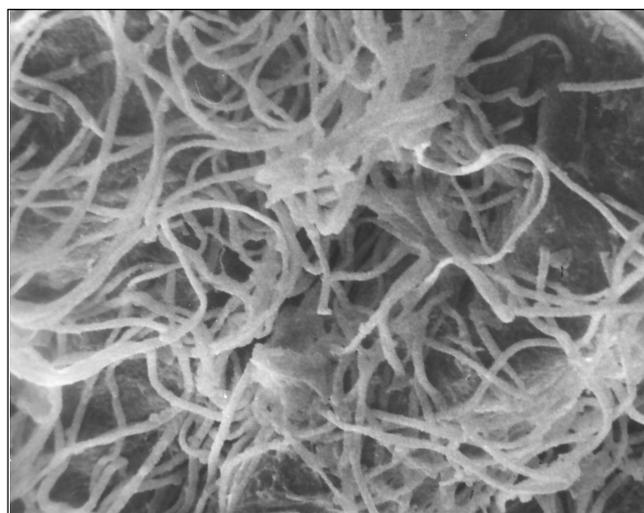


Рис. 1. Поверхность микоризного окончания ели сибирской. Ув. $\times 98$.

С ростом сосущих корней изменяется их морфология. Молодой кончик сосущего корешка ели белого или светло-желтого цвета окружен мицелярным чехлом (рис. 2). С замедлением роста светлая зона сосущего корешка сокращается, светлым остается только самый кончик (0.1-0.2 мм), а остальная часть его буреет. Продолжительность жизни сосущих корней ели и сосны может колебаться от нескольких месяцев до пяти-шести лет [10]. Другие считают, что средняя продолжительность жизни тонких корней составляет около одного года или менее [3]. По мнению некоторых авторов [9, 10], рост сосущих корней определяется не внутренними закономерностями развития растения, а условиями среды. От температуры и влажности почвы зависит интенсивность практически всех физиологических процессов в подземной части, в том числе и рост корневых окончаний. В условиях средней подзоны тайги начало роста корней сосны и ели отмечали при среднесуточной температуре почвы 3-6 °C [1].

Рост в первой половине июня был подавлен, возможно, резким увеличением температуры и уменьшением влажности подстилки. В условиях северной тайги наиболее интенсивный рост отмечали в июле-первой половине августа, в условиях средней тайги – в июне-начале июля, когда корнеобитаемый слой характеризовался наиболее умеренными температурой и влажностью [1]. В условиях средней тайги Вологодской области в зависимости от погодных условий рост корневых окончаний в ельнике черничном происходил в июне-июле или непрерывно с июня по сентябрь [9]. Затухание роста обычно наблюдали в период уменьшения влажности почвы или, наоборот, затопления подстилки,

Количественные характеристики морфо-анатомической структуры эктомикоризы ели, $X \pm x$

Тип леса	Диаметр эктомикориз, мкм			Толщина чехла, мкм			Объемная доля грибного чехла, %	Плотность микориз, шт./мм корня
	min	max	среднее	min	max	среднее		
Ельник								
черничный	280 ± 7	700 ± 7	498 ± 7	10.0 ± 0.9	57.5 ± 0.9	28.6 ± 0.9	25.2 ± 0.7	0.56 ± 0.05
сфагновый	320 ± 7	То же	474 ± 7	7.5 ± 0.6	45.0 ± 0.6	19.7 ± 0.6	19.5 ± 0.5	0.57 ± 0.05

что приводило к ухудшению аэрации, перепадам температуры. Полное прекращение роста корней совпадало с понижением температуры почвы до +5-3 °С, что в условиях средней тайги происходит во второй-третьей декадах сентября. В сфагновых типах ельников период роста корней значительно короче [1]. Согласно нашим наблюдениям, в 2006 г. рост микоризных корней у ели в обоих типах фитоценозов происходил непрерывно с конца июня по сентябрь. В ельнике черничном некоторые корневые окончания продолжали расти в первой половине октября, когда температура почвы составляла 2 °С. Это дает основание полагать, что ростовая активность корней зависит также от физиологической активности надземных органов. На примере сосны скрученной было показано, что в условиях Калифорнии рост тонких корней начинается одновременно с увеличением фотосинтеза кроны [17] и продолжается 80 дней.

Согласно исследованиям В.В. Мамаева с соавторами [7], рост поглощающих корней дуба тесно связан с состоянием листового аппарата, поэтому четко реагирует на потерю листьев. В первый год повреждения листьев у корневых систем было отмечено интенсивное образование микоризы, а при повторных дефолиациях ростовая активность не повышалась. Эти данные подтверждают вывод о том, что рост корневых окончаний зависит также от физиологического состояния дерева. В результате наблюдений за сезонной динамикой роста корневых окончаний ели нами выявлено, что прирост сосу-

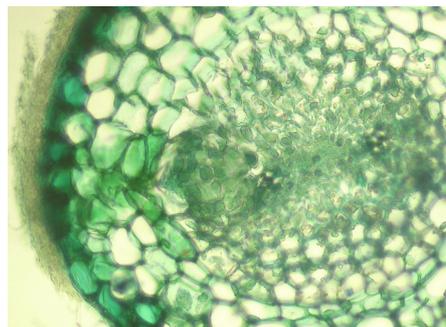
щих корневых окончаний в ельнике сфагновом составлял 6.5-93.7, ельнике черничном – 5-100, а расте-ще-сосущих – 55-245 и 35-221 мкм/сут. соответственно. Это согласуется с наблюдениями других авторов. Так, по данным А.Я. Орлова [9], прирост сосущих корней ели в ельнике черничном в Вологодской области составлял от 10 до 100, ростовых – от 30 до 150 мкм/сут.

Таким образом, исследования микоризы ели показали незначительные различия в морфо-анатомическом строении и сезонной динамике роста корневых окончаний в сфагновом и черничном типе еловых фитоценозов. Рост корневых окончаний ели сибирской происходил непрерывно в течение всего вегетационного периода, начиная с первой половины июня.

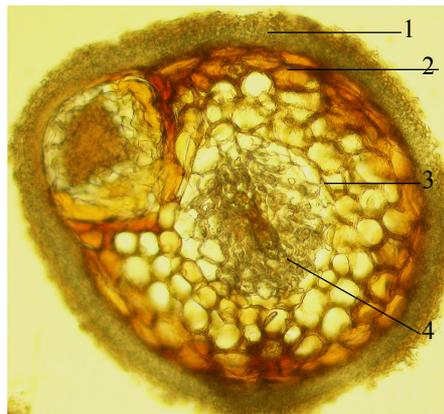
ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
2. Веселкин Д.В. Реакция эктомикориз хвойных на техногенное загрязнение: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1999. 18 с.
3. Веселкин Д.В. Оценка объемной доли грибно-го симбионта в эктомикоризных окончаниях *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb. и *Pinus sylvestris* L. // Труды Института биоресурсов и прикладной экологии. Екатеринбург, 2004. Вып. 4. С. 5-11.
4. Доминик Т. Классификация микориз // Микориза растений. М., 1963. С. 245-161.
5. Еропкин К.И. О взаимосвязи форм микоризных окончаний у хвойных // Микориза растений, Пермь, 1979. С. 61-77.

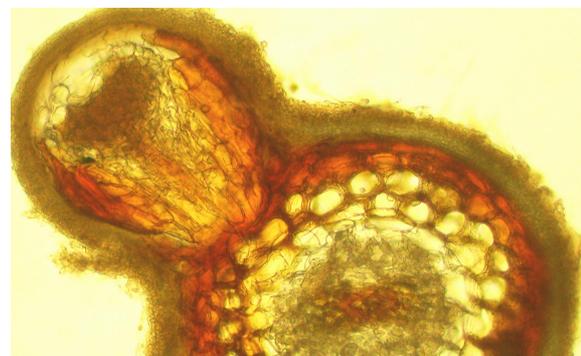
Рис. 2. Формирование бокового выроста микоризного окончания: микоризный чехол (1), коровая паренхима (2), перицикл (3), проводящий пучок (4). Анилиновый синий (а), без окраски (б, в). Ув. ×115.



а



б



в

6. Катенин А.Е. Микориза растений северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. 140 с. – (Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение; Вып. 12).

7. Мамаев В.В., Рубцов В.В., Уткина И.А. Сезонная динамика роста поглощающих корней при повторяющихся дефолиациях пойменных дубрав // Лесоведение, 2002. № 5. С. 39-43.

8. Мартикайнен Н.Ф. О стабильности морфолого-анатомических признаках микориз // Микосимбиотрофизм и другие консортивные отношения в лесах Севера. Петрозаводск, 1985. С. 82-92.

9. Орлов А.Я. Наблюдения над сосущими корнями ели (*Picea excelsa* Link) в естественных условиях // Бот. журн., 1957. Т. 42, № 8. С. 1172-1181.

10. Орлов А.Я., Кошельков С.П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. 324 с.

11. Салеев Р.К. Изучение физиологически активной части корневых систем у главнейших лесобразующих древесных пород таежной зоны: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1961. 17 с.

12. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.

13. Чмыр А.Ф. Микориза ели и ее влияние на величину поглощающей части корней // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л., 1973. Вып. 1. С. 62-69.

14. Шемаханова Н.М. Микотрофия древесных пород. М., 1962. 375 с.

15. Шубин В.И. Микотрофность древесных пород. Ее значение при разведении леса в таежной зоне. Л.: Наука, 1973. 264 с.

16. Danielson R.M., Pruden M. The ectomycorrhizal status of urban spruce // Mycologia, 1989. Vol. 81, № 3. P. 335-341.

17. Influences of canopy photosynthesis and summer rain pulses on root dynamics and soil respiration in a young ponderosa pine forest / L. Misson, A. Gershenson, J. Tang et al. // Tree Physiology, 2006. № 3. P. 833-844. ❖



ДНЕВНАЯ ДИНАМИКА ВОДООБМЕНА ХВОИ ЕЛИ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ

к.б.н. С. Сенькина

с.н.с. отдела лесобихологических проблем Севера
E-mail: senkina@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: *экология таежных экосистем, водный режим растений*

Суточная ритмичность физиологических процессов является необходимым условием для нормальной жизнедеятельности растений, благодаря которой обеспечивается согласованность отдельных физиологических функций в растении. Наличие в древостоях старовозрастных лесов деревьев крупных размеров предполагает перемещение веществ с помощью водного тока на большие расстояния как от корней к листьям, так и по нисходящему пути от листьев к корням. От этого тока зависит тургор и обводненность листьев, наличие в них сахаров и регуляторов роста, поступление минеральных питательных веществ, органических соединений. Движущей силой водного тока является водный потенциал, а скорость передвижения воды регулируется в основном процессом транспирации. Как показали исследования в субклимаксовых еловых сообществах южной тайги [13], эти древостои обладают высокой репродуктивной способностью, устойчивостью к условиям произрастания и повышенной эффективностью использования лучистой энергии, водных и пищевых ресурсов, что осуществляется за счет сложных внутренних механизмов, природа которых еще недостаточно изучена.

Объектами исследования послужила ель сибирская, произрастающая в ельнике черничном влажном (пробная площадь № 7) и ельнике чернично-сфагновом (пробная площадь № 8) на Ляльском лесоэкологическом стационаре (см. таблицу). Характеристика водного режима ели дана на уровне листа (хвои) как наиболее важного

звена в общей цепи водообмена дерева. Для изучения водного режима растений использовались апробированные в полевых условиях методы. Интенсивность транспирации, содержание воды в листьях и их влагоемкость, водный дефицит охвоенных побегов, водный потенциал и устьичное сопротивление определяли общепринятыми методами. Статистическую обработку полученных данных проводили на персональном компьютере с использованием программы «Excel».

Транспирация – один из важнейших процессов жизнедеятельности растения, посредством которого происходит постоянный обмен энергией между растительным организмом и средой. Физиологическая роль ее достаточно велика. Она способствует передвижению воды и растворенных в ней минеральных и органических веществ от корней к другим частям растения, защищает от перегрева, способствует оптимизации ряда процессов метаболизма путем препятствия полному насыщению клеток водой [4]. Скорость транспирации – показатель очень нестабильный, на ее величину оказывают влияние многие экологические факторы, которые действуют в различных сочетаниях, что затрудняет выяснение причины тех или иных изменений как в разные часы суток, так и в течение всего вегетационного сезона. Меньшее влияние оказывают условия почвенной влажности, так как на исследуемых объектах наблюдается положительный водный баланс. Годовой коэффициент увлажнения здесь равен 1.2.

Транспирация, как физиологический процесс, обусловлена транспортом влаги по водопроводящей системе растения к устьицам и работой устьиц, которые играют важную регуляторную роль в этом процессе посредством так называемого устьичного сопротивления. Внутренние свойства растений при сочетании их с факторами внешней среды определяют величину их максимального или минимального сопротивления. Основным фактором, влияющим на него, является степень открытости устьичных щелей, которая во многом контролируется интенсивностью света и водным потенциалом листьев и в меньшей мере – влажностью воздуха и концентрацией CO₂ [3]. Ритмические колебания интенсивности транспирации заключаются в импульсном характере выделения воды из клеток в межклеточное пространство, которое у хвои ели составляет 20 % ее объема [7]. Считается, что при достаточном количестве воды в почве и ее хорошей аэрации кривая дневного хода интенсивности транспирации носит одновершинный характер с низкими значениями в раннеутренние часы и максимумом в предполуденные. В жаркие дни при недостатке влаги в почве формируется кривая с двумя пиками – в предполуденные часы и после спада жары [4]. В северной тайге у ели [8] была выявлена и многовершинная кривая интенсивности транспирации. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что, в целом, дневной ход интенсивности транспирации хвои в старовозрастных ельниках имеет пик в предполуденные часы (11 ч), затем кривая движется вниз (до 16 ч), после чего следует скачок интенсивности транспирации в сторону повышения. В это же время резко снижается и устьичное сопротивление, которое в период с 13 до 16 ч находится практи-

Таксационная характеристика древостоев еловых фитоценозов средней тайги (Ляльский лесозоологический стационар Института биологии Коми НЦ УрО РАН)

Состав древостоя	Вид	Количество деревьев, экз./га (запас древесины, м ³ /га)		Возраст, лет	Сумма площадей сечений, м ² /га	Средняя величина параметра	
		растущих	сухих			высота, м	диаметр, см
Черничный влажный тип леса (пробная площадь № 7)							
8Е1Пх1Б+С	Ель	783 (259)	217 (17)	80-150	24.9	19	22
	Пихта	83 (35)	– (–)	100	4.6	19	25
	Сосна	17 (6)	– (–)	100	0.8	22	21
	Береза	83 (14)	17 (1)	60-100	1.5	17	12
Чернично-сфагновый тип леса (пробная площадь № 8)							
9Е1Б+СедПх	Ель	595 (177)	44 (3.4)	106-200	22.0	16	20
	Сосна	5 (8)	– (–)	110	1.1	22	40
	Пихта	10 (1)	– (–)	50	0.1	10	10
	Береза	15 (8)	– (–)	110	1.0	20	32

Примечание: прочерк – сухие деревья отсутствуют.

чески в стабильном состоянии. Согласно ранее полученным нами данным, кривая дневного хода интенсивности транспирации в средневозрастных ельниках, как правило, была одновершинной с максимумом в полдень [11].

Отмечено, что интенсивность транспирации часто непропорциональна степени открытости устьичных щелей [5], так как обводненность мезофилла, занимающего в хвое ели до 68 % ее объема [7], изменяется в течение суток. Обводненность мезофилла складывается из воды, поступающей через корни, и ее расходом в процессе метаболизма, т.е. процесс транспирации как бы контролируется биологическими часами [12]. Полученные коэффициенты корреляции устьичного сопротивления с температурой, влажностью воздуха и интенсивностью солнечного света в период наиболее интенсивной транспирации (11 ч) показали, что между ними связь слабая, хотя в этот период отмечается достаточно тесная обратная зависимость интенсивности транспирации с устьичным сопротивлением ($r = -0.8$). Для сравнения приводим коэффициенты корреляции между устьичным сопротивлением и экологическими факторами в течение дня в июле 2004 г., когда температура воздуха достигала 30 °С, а дожди отсутствовали почти на протяжении всего месяца. Они составили: $r_t = 0.01$; $r_{осв.} = -0.7$; $r_{вл.} = -0.2$.

Уровень обводненности листьев имеет существенное значение для жизнедеятельности растений. При оптимальных условиях почвенного водоснабжения хвоя ели характеризуется довольно устойчивой обводненностью. Обводненность хвоя ели в течение дня составляет 50-54 %. Для срав-

нения, в средневозрастных древостоях обводненность хвоя ели изменялась от 52 до 57 %. Нами не проводилось специальных наблюдений за этим показателем в течение полных суток, но в литературе имеются данные о суточном ходе обводненности листьев. Мнения разные: обводненность листьев наименьшая в полдень и максимальная в раннеутренние часы. У хвойных растений содержание воды в хвое наиболее низкое в утренние часы и достигает максимума к полудню. Утреннее снижение обводненности объясняется перемещением воды в другие органы и увеличением сухого вещества. Ночью количество сухого вещества уменьшается, так как оно расходуется на рост, дыхание и перемещение влаги и веществ в другие органы. Отмечается также, что у ряда лесных мезофитов не всегда наблюдается дневная убыль воды в листьях и поэтому резкие колебания ее в течение дня отсутствуют, что, возможно, связано с ровным характером лесного микроклимата [1].

Превышение расхода воды над ее поступлением ведет к нарушению водного баланса и образованию в растении водного дефицита, который может вызываться различными причинами как, например, превышением транспирации над поглощением вследствие низкой температуры почвы и недостатком ее аэрации. Водный дефицит – величина более переменная, нежели обводненность. Увеличение или уменьшение водного дефицита может быть сопряжено не только с убылью воды из листьев, но и с изменением гидрофильности сухого вещества, что может быть присуще только деревьям старого возраста. Водный дефицит в хвое ели наблюдается в полуденные

часы, но, как правило, он не вызывает существенных нарушений в жизнедеятельности растений. Среднее значение его в течение дня составляет 9.8 % с колебаниями от 2.4 до 17.2 %. По сравнению с раннеутренними часами, в полдень он в 1.4 раза выше. Считается, что в ночные часы этот показатель достигает наименьших величин [2, 6]. Дневной максимум водного дефицита чаще всего происходит за счет дневной потери влаги на транспирацию, а раннеутренний водный дефицит вызывается перераспределением фракций воды и сухого вещества между хвоей и другими органами растения. Коэффициенты корреляции водного дефицита с метеофакторами выявили, что в раннеутренние часы водный дефицит в большей степени зависит от температуры воздуха и интенсивности солнечного света ($r_t = 0.9$ и $r_{осв.} = 0.6$), а в полуденные часы – от величины устьичного сопротивления $r_{yc} = -0.3$, так как зависимость от метеофакторов в это время очень небольшая. По данным Б.Ф. Окишева [10], снижение интенсивности транспирации согласуется с полуденным водным дефицитом в хвое ели и повышением осмотического давления клеточного сока. Это свидетельствует о том, что в полуденные часы водный баланс ели нарушается и ведущую роль в процессах водообмена играет внутренняя саморегуляция.

Высокая чувствительность водного потенциала к незначительным изменениям в содержании воды дает возможность использовать этот показатель для оценки недостатка влаги в растении, так как он является интегральным показателем с термодинамических позиций, характеризующих состояние воды в растении. Сам по себе

этот показатель имеет важное значение в регуляции водного обмена растения. По изменению величины водного потенциала можно судить о направленности изменения активности внутриклеточной воды. Известно, что он достигает максимума в полуденные и послеполуденные часы. Обычно утром он составляет $-0.2...-0.3$ МПа, в послеполуденные часы – не более $-1.0...-1.2$ МПа. В дневные часы отмечается наиболее высокая концентрация клеточного сока из-за накопления ассимилятов ночью, когда более интенсивно протекают ростовые процессы и концентрация клеточного сока низка. Предрассветный водный потенциал листьев может служить, как считают А.Г. Молчанов и Т.Г. Молчанова [9], показателем влагообеспеченности растения. В старовозрастных ельниках в часы активного водообмена водный потенциал составил для хвои первого и второго года соответственно -1.6 и -2.0 МПа.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что в старовозрастных ельниках дневная динамика водного режима хвои ели характеризуется более замедленным темпом

влагообмена по сравнению со средневозрастными.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абражко В.И.* Влияние древостоев на водный дефицит и содержание воды в листьях и хвое подростка в биогеоценозах южной тайги // Фитоценология и биогеоценология темнохвойной тайги. Л., 1970. С. 7-18.
2. *Абражко В.И.* Водный режим почв и древостоев // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л., 1973. С. 170-191.
3. *Варлагин А.В.* Транспирация на уровне листа, дерева и сообщества в хвойных лесах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2000. 37 с.
4. *Веретенников А.В.* Физиология растений. Воронеж, 2001. 278 с.
5. Водный обмен растений / Под ред. И.А. Тарчевского, В.Н. Жолкевича. М.: Наука, 1989. 256 с.
6. *Дмитриенко В.П., Чекина Т.А.* Водный дефицит растений и его связь с гидрометеорологическими условиями // Регуляция водного обмена растений: Матер. VII Всесоюз. симпоз. Киев, 1984. С. 80-82.
7. *Загирова С.В.* Структура, фотосинтез и темновое дыхание ассимилирующих органов хвойных // Лесные стационарные исследования. Тула, 2001. С. 347-350.

8. *Коновалов В.Н., Коновалова В.М.* Суточная и сезонная динамика фотосинтеза и транспирации подростка ели и березы в условиях северной подзоны тайги // Материалы годичной сессии по итогам научно-исследовательских работ за 1979 г. Архангельск, 1979. С. 9-10.
9. *Молчанов А.Г., Молчанова Т.Г.* Предрассветный водный потенциал листьев дуба как показатель влагообеспеченности растений // Лесные стационарные исследования. Тула, 2001. С. 372-375.
10. *Окишев Б.Ф.* К сравнительной экологической характеристике ели и пихты // Экология хвойных. Уфа, 1978. С. 22-50.
11. *Сенькина С.Н.* Эколого-физиологическая характеристика транспирации хвойных древесных растений в фитоценозах Севера // Экология, 2002. № 4. С. 254-260.
12. *Сокольская С.В., Волкова П.Ю., Баштанова У.Б.* Сравнительные исследования ритмов транспирации и устьичных движений у C_3 растений и их фоторецепторных мутантов // Вестн. Башкирского ун-та, 2001. № 2 (1). С. 77-79.
13. Факторы регуляции экосистем еловых лесов. Л.: Наука, 1983. 318 с.



ВОЗВОЗРОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОД ПОЛОГОМ ПРИТУНДРОВЫХ ЕЛЬНИКОВ ПЕЧОРСКОГО БАСЕЙНА

А. Манов
 асп. отдела лесобиологических проблем Севера
 E-mail: manov@gmail.ru, тел. (8121) 24 50 03

Научные интересы: структура и динамика роста древостоев, дендрохронология, дендроклиматология

На европейском северо-востоке России в притундровых лесах доминируют еловые сообщества [6, 11]. Они занимают 70 % лесопокрываемой площади и относятся к защитным лесам. Известно, что состав и состояние молодого поколения древесных растений под пологом древостоев во многом определяют эндогенные процессы развития фитоценозов [2, 4, 5, 13]. Возрождение процесс в ельниках Крайнего Севера изучен слабо. Цель данной работы – оценка естественного возобновления в притундровых ельниках разных типов.

Лесовозобновление в ельниках различных типов изучали в Усть-Цилемском районе Республики Коми по обоим берегам р. Печора в бассейнах малых рек Щелина ($65^{\circ}54'$ с.ш., $52^{\circ}16'$ в.д.) и Сосья ($65^{\circ}55'$ с.ш., $52^{\circ}37'$ в.д.). Согласно районированию [10, 11], район исследования относится к Восточно-Европейской притундровой лесорастительной области Печорской лесорастительной провинции.

Работы выполнялись в 11 типах ельников. Сбор данных проводили на пробных площадях, которые закладывали по общепринятым методам [8]. Раз-

мер пробных площадей – $0.12/0.24$ га. Тип леса определяли по В.Н. Сукачеву и С.В. Зонну [12]. На каждой пробной площади проведен сплошной перебор деревьев, определены состав древостоя, возраст деревьев по кернам и спилам, сумма площадей сечения. Полученный материал обработан с помощью лесотаксационного справочника для северо-востока европейской части СССР [7]. Проведен сплошной перебор подростка. Учитывали общее количество растений, их высотную и возрастную структуры, состояние. В каждом типе исследуемых сообществ определяли состав возобновления по породам. Подрост подразделяли на здоровый, сомнительный, усыхающий и сухой. Возраст мелкого подростка определяли по мутовкам, крупного – по срезам у шейки корня.

Исследуемые нами ельники относятся к коренным типам сообществ. Древесный ярус смешанный по составу, при доминировании в нем ели всегда присутствует береза, реже – лиственница и сосна. Древостои характеризуются разновозрастной и разновысотной структурой. Они относятся в основном

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев притундровых ельников

Тип леса	Состав древостоя	Возраст, лет	Количество деревьев, экз. га ⁻¹		Сумма площадей сечения, м ² га ⁻¹	Запас древесины, м ³ га ⁻¹		Средняя величина параметра (ель)	
			растущих	сухих		растущих	сухих	диаметр, см	высота, м
Зеленомошно-лишайниковый	5Е4Лц1Б	85-250	950	34	19.4	130	7	14	12
Зеленомошный	9Е1Б	90-200	925	25	15.8	98	6	14	12
Разнотравно-зеленомошный	7Е3Б	100-210	1158	167	35.6	266	12	17	13
Приручейный	6Е2Лц2Б	60-250	773	34	21.7	144	5	17	13
Чернично-сфагновый	5Е3Лц2Б ед.С	90-270	808	333	10.6	33	27	9	7
	8Е2Б	100-270	1064	67	16.1	77	2	12	9
Зеленомошно-сфагновый	9Е1Б	80-240	1033	350	10.3	39	13	9	8
Долгомошно-сфагновый	8Е1Лц1Б	70-240	957	167	14.7	104	10	13	12
	7Е3Б	110-170	1134	200	15.0	73	8	11	9
Морошково-сфагновый	8Е2Б ед.Лц	95-210	649	267	6.1	17	10	9	7
Сфагновый	10Е+Б ед.С	30-320	733	80	5.6	15	2	9	6

к низким классам бонитета (V-Vб). Полнота их также невелика (табл. 1). Известно, что возобновительный процесс под пологом ельников зависит от типа леса, состава и структуры древостоя [1, 2, 10, 13]. Согласно нашим данным, под пологом древостоев разных типов ельников развивается различное количество подроста – от 0.8 до 7.6 тыс. экз. га⁻¹ (табл. 2). Его формируют те же виды древесных растений, что и древостой. Подрост ели и березы присутствует под пологом древостоев всех исследуемых ельников. В большинстве случаев в составе молодого поколения деревьев преобладает ель. Количество елового подроста изменяется в пределах 0.5-4.8 тыс. экз. га⁻¹, березового – от нескольких десятков экземпляров до 2.5 тыс. экз. га⁻¹. Высота молодого поколения ели во всех исследуемых ти-

пах леса сильно колеблется (коэффициент вариации составляет 41.5/84.8 %) при изменении средней высоты ее от 0.93 ± 0.79 до 2.13 ± 1.24 см (табл. 2). Среди ели преобладают деревья средней (высотой 0.6-1.5 м) и крупной (1.6 м и более) категорий высоты и составляют 29.61 и 24.91 % соответственно. Возраст у них колеблется от 20 до 125 лет. На долю самосева и мелкого подроста (высотой менее 0.5 м) приходится от 5 до 35 %. Возраст ели этой категории высоты составляет 10-16 лет. Следует отметить, что самосев ели на участках представлен единичными экземплярами.

Распределение подроста ели по состоянию показывает, что соотношение количества по категориям жизнеспособности в разных типах различно. Так, на долю здорового подроста в еловых сообществах зеленомошной группы типов приходится 9.94, сфагновой – 25.75 % общего количества. Категорию сомнительных составляют 3.33 и 0.39 % соответственно (рис. 1). Довольно часто наблюдается усыхание вершины подроста, боковых побегов, искривление стволов, редкое охвоение, поражение хвои фитовредителями. Усыхание подроста ели происходит во всех типах леса. Этот процесс наиболее интенсивно выражен в более продуктивном разнотравно-зеленомошном ельнике, характеризующемся относительно высокой полнотой и сомкнутостью крон. В этом типе леса усыхающий и сухой подрост составляет 61 % общего количества. Наименьшее количество подроста этих категорий приходится на ельник зеленомошно-лишайниковый (3 %). В остальных типах исследуемых ельников на долю усыхающего и сухого подроста ели приходится от 21 до 41 %. Несмотря на преобладание ели в составе молодого поколения в некоторых типах, как в приручейном, его количество (186 экз. га⁻¹) не всегда достаточно для естественного лесовозобновления (табл. 3).

Ранее отмечено, что возобновительный процесс под пологом древостоев ельников Крайнего Севера ослаблен. Ю.П. Юдин [14], описывая притундровые ельники, отмечает, что в большинстве типов возоб-

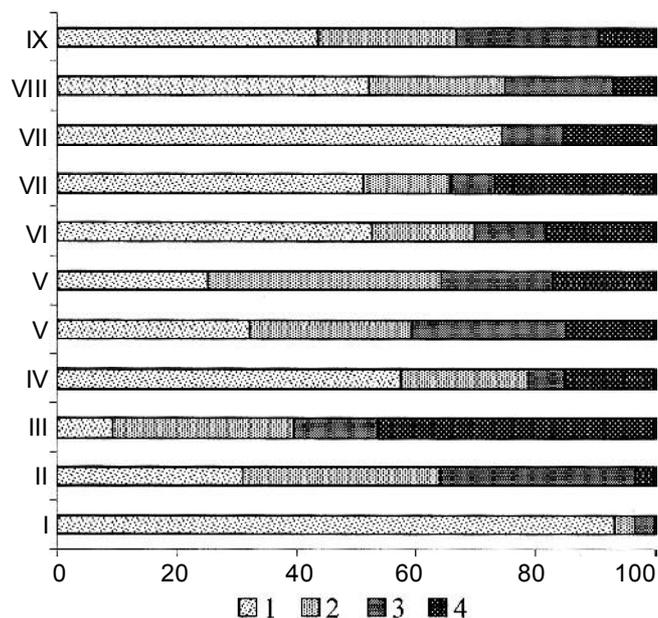


Рис. 1. Распределение здорового (1), сомнительного (2), усыхающего (3) и сухого (4) елового подроста в притундровом зеленомошно-лишайниковом (I), зеленомошном (II), разнотравно-зеленомошном (III), приручейном (IV), чернично-сфагновом (V), зеленомошно-сфагновом (VI), долгомошно-сфагновом (VII), морошково-сфагновом (VIII) и сфагновом (IX) ельниках.

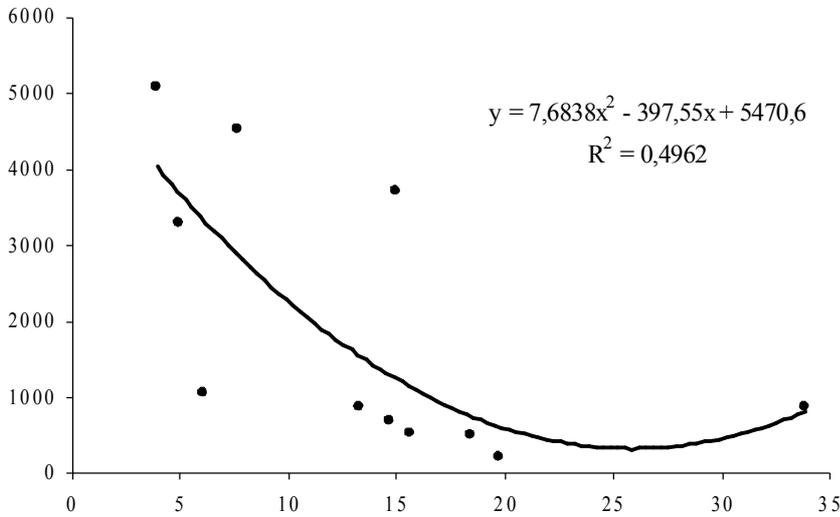


Рис. 2. Влияние полноты древостоя ($m^2га^{-1}$; по оси абсцисс) на густоту елового подроста (экз.га $^{-1}$; по оси ординат).

новление хвойных отсутствует или слабо выражено. Согласно В.Г. Чертовскому с соавторами [13], число самосева и подроста ели в еловых сообществах этого региона не превышает 1 тыс. экз. га $^{-1}$. По Е.Н. Елизарову с соавторами [3] количество елового подроста под пологом ельника черничного достигает 3.8 тыс. экз. га $^{-1}$, в том числе здоровых – 51 %. По данным В.В. Пахучего и П.А. Перчатки-

на [9], из семи исследованных ими участков на трех, представленных ельниками черничными, возобновление отсутствует. На остальных четырех участках, на которых развиваются ельники черничные и зеленомошные, происходит возобновление ели и сосны в количестве 2.5 тыс. экз. га $^{-1}$. Преобладает подрост средней категории и крупности.

Из вышеизложенного следует, что в коренных притундровых ельниках нет четкой зависимости между возобновительным процессом под пологом древостоев и типом леса. Не отмечается тесной связи между количеством подроста и полнотой древостоев, которая представлена уравнением полиномиальной функции: $y = 7.68x^2 - 397.55x + 5470.6$ и аппроксимацией: $R^2 = 0.496$ (рис. 2). В большинстве типов леса имеется хвойный подрост, представленный в основном главной лесообразующей породой – елью. Однако не везде его количество и качество являются удовлетворительными для замены материнского древостоя.

Во всех исследуемых нами притундровых ельниках выражен лесовозобновительный процесс. Под пологом разновозрастных древостоев ельников число растущего молодого поколения колеблется от 0.8 до 7.6 тыс. экз. га $^{-1}$, в том числе ели – от 0.2 до 4.8 тыс. экз. га $^{-1}$. В составе подроста кроме ели всегда присутствует береза, реже – сосна и лиственница. Они характеризуются разновозрастностью даже в пределах одной группы высот. В большинстве типов елового леса имеется вполне достаточное количество благонадежного подроста главной лесообразующей породы – ели – для смены старого поколения. В таких сообществах, как ельник разнотравно-зеленомошный, ельник приручейный, ельник чернично-сфагновый наличие здорового подроста не всегда удовлетворительное для непрерывного развития древесного яруса.

Таблица 2
Характеристика подроста в притундровых ельниках

Тип леса	Подрост		Ель		
	густота, тыс. экз. га $^{-1}$	состав	\bar{X} , м	$\bar{\sigma}$, м	V, %
Зеленомошно-лишайниковый	1.7	7Б3Е ед.С	1.53	0.69	45.2
Зеленомошный	4.9	8Е2Б ед.Лц	1.21	0.73	60.7
Разнотравно-зеленомошный	0.9	9Е1Б	2.13	1.24	58.3
Приручейный	1.7	8Б2Е	1.92	0.86	44.9
Чернично-сфагновый	2.8	6Б4Е ед.Лц	1.70	1.20	70.7
	0.8	6Е4Б+С	1.98	0.84	42.6
Зеленомошно-сфагновый	5.9	7Е3Б ед.С	1.15	0.82	71.6
Долгомошно-сфагновый	1.5	5Е5Б	2.06	1.18	57.3
	1.6	6Б4Е	2.03	0.84	41.5
Морошков о-сфагновый	7.6	6Е4Б+С ед.Лц	0.93	0.79	84.8
Сфагновый	3.3	8Е2С ед.Б	1.48	0.88	59.6

\bar{X} – средняя арифметическая высота; $\bar{\sigma}$ – основное отклонение от средней арифметической высоты; V – коэффициент вариации.

Таблица 3
Распределение елового подроста по высоте, % (экз. га $^{-1}$)

Тип леса	Подрост			Итого
	мелкий	средний	крупный	
Зеленомошно-лишайниковый	34 (5)	254 (37)	401 (58)	689 (100)
Зеленомошный	408 (11)	2175 (61)	1007 (28)	3590 (100)
Разнотравно-зеленомошный	49 (11)	174 (37)	244 (52)	467 (100)
Приручейный	– (–)	73 (39)	113 (61)	186 (100)
	– (–)	123 (27)	327 (73)	450 (100)
Чернично-сфагновый	150 (17)	366 (40)	391 (43)	907 (100)
Зеленомошно-сфагновый	– (–)	123 (27)	327 (73)	450 (100)
	975 (26)	1849 (50)	885 (24)	3709 (100)
Долгомошно-сфагновый	75 (10)	217 (29)	450 (61)	742 (100)
	– (–)	153 (29)	367 (91)	520 (100)
Морошков о-сфагновый	1616 (34)	2242 (48)	849 (18)	4707 (100)
Сфагновый	284 (9)	1454 (48)	1327 (43)	3065 (100)

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.Д. Биоэкологические основы эксплуатации ельников северо-запада таежной зоны России. Петрозаводск, 2003. 273 с.
2. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.
3. Елизаров Ф.П., Семенов Б.А., Чертовской В.Г. Естественное возобновление древесных пород под пологом некоторых фитоценозов Крайнего Севера // Вопросы лесовосстанов-

ления на европейском Севере. Архангельск, 1976. С. 16-23.

4. *Казимиров Н.И.* Ельники Карелии. Л.: Наука, 1971. 140 с.

5. *Карпов В.Г.* Экспериментальная фитоценология темнохвойной тайги. Л.: Наука, 1969. 336 с.

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

7. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР). Архангельск, 1986. 558 с.

8. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки. М., 1983. 60 с.

9. *Пахучий В.В., Перчаткин П.А.* Леса с особым режимом ведения хозяйства // Лесное хозяйство и

лесные ресурсы Республики Коми / Под ред. Г.К. Козубова, А.И. Таскаева. М., 2000. С. 245-268.

10. Предтундровые леса / *В.Г. Чертовской, Б.А. Семенов, Ф.Ф. Цветков* и др. М., 1987. 168 с.

11. Притундровые леса европейской части России (природа и ведение хозяйства) / *Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков, Г.А. Чибисов* и др. Архангельск, 1998. 332 с.

12. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.

13. *Чертовской В.Г.* Еловые леса европейской части СССР. М., 1978. 176 с.

14. *Юдин Ю.П.* Темнохвойные леса // Производительные силы Коми АССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 3, ч. 1. С. 42-125. ❖

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВОД ПОДЗОЛА ИЛЛЮВИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТОГО ЛИСТВЕННО-ХВОЙНОГО НАСАЖДЕНИЯ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ



д.с.-х.н. **И. Забоева**
г.л.н.с. отдела почвоведения
тел. (8212) 24 52 40

Научные интересы: *география почв, биогеоценология, картография почв*

к.б.н. **Т. Пристова**
н.с. отдела
лесобиологических проблем Севера
E-mail: pristova@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: *лесная экология, биологический круговорот веществ, водная миграция элементов.*



Водная миграция элементов минерального питания в системе фитоценоз-почва является важным звеном в изучении биогеохимического круговорота веществ в биогеоценозах. Изучение состава лизиметрических вод позволяет оценить внутрипрофильную миграцию химических элементов и определить направление процессов современного почвообразования.

К жидкой фазе почвы относятся пленочная, капиллярная и гравитационная влага. Гравитационная влага перемещается в почве под воздействием силы тяжести и мало подвержена влиянию твердой фазы почвы. Источниками этой влаги в таежных лесных экосистемах являются весеннее снеготаяние и атмосферные осадки. В отличие от почвенных растворов между лизиметрическими водами и твердой частью почвы нет определенного равновесия, так как они имеют временный характер и связаны с химическим составом жидких и твердых атмосферных осадков, трансформированных растительностью [16]. Почвам таежных лесов присущ промывной тип водного режима, для которого характерно ежегодное промачивание всей почвенно-грунтовой толщи до грунтовых вод [6]. Особенностью внут-

рипочвенной миграции химических элементов в таежных ландшафтах являются ослабление процессов минерализации и гумификации, образование кислых водорастворимых органических соединений, их нейтрализация Fe и Al почвенных минералов с образованием фульватов Fe и Al [11].

Исследованиями, проведенными на подзолистых почвах в хвойных экосистемах, установлено, что формирование химического состава лизиметрических вод, являющихся производными атмосферных осадков, определяется составом растительности, скоростью разложения подстилки, типом почвы и количеством атмосферных осадков [8, 13, 18, 22]. Почвенные воды отличаются от атмосферных осадков более высокой концентрацией элементов минерального питания. В водах, прошедших через лесную подстилку, содержание химических элементов выше, чем в минеральных горизонтах почвы. Кислотность лизиметрических вод зависит в значительной мере от концентрации органического вещества и ионов аммония [4, 8, 17, 21]. В подзолистых почвах ельников средней тайги Республики Коми содержание органического углерода в водах из-под подзолистого горизонта резко уменьшается, а в водах нижних

горизонтов остается практически постоянным. Концентрация элементов-органогенов – N, P, K – в водах из минеральных горизонтов остается без изменений или даже несколько возрастает с глубиной (P). Существенно не изменяется содержание Fe и Al, но увеличивается суммарное количество Ca и Mg [3].

Смена растительного покрова на вырубках чаще всего идет по пути формирования лиственных насаждений на месте хвойных, что приводит к изменению потоков химических элементов в экосистемах. Водная миграция элементов минерального питания в производных лиственно-хвойных насаждениях в среднетаежной подзоне нами исследована впервые. Целью данной работы является оценка кислотности и химического состава атмосферных осадков, прошедших сквозь полог древостоя лиственно-хвойного насаждения, исследование химического состава лизиметрических вод иллювиально-железистого подзола.

Объект и методы исследования

Исследования проводились в 1996-1998 гг. в 45-летнем лиственно-хвойном насаждении разнотравно-черничного типа, возникшем на выруб-

ке ельника черничного после пожара 46-летней давности. Древоостой характеризуется составом 53Ос40Б4С3Е (состав древоостоя рассчитан по запасу древесины), II класса бонитета, полнота 1.03, запас древесины 270 м³/га. Средняя высота древоостоя – 16.9 м, диаметр – 14.5 см. Всего на 1 га насчитывается 1675 деревьев, в том числе: березы – 965, осины – 535, сосны – 40, ели – 135. Древоостой находится в стадии интенсивного развития. Подлесок редкий и состоит из *Salix pentandra*, *S. caprea*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia* и *Lonicera pallasii*. Подрост хорошо развит (1320 экз./га). Состав подроста 91Е40с2Б2Пх1С. Ель здоровая, разной высоты, в перспективе она займет господствующее положение в древоостое. Береза и сосна в подросте угнетенного вида. Пихта и осина вегетативного происхождения. В травяно-кустарничковом ярусе с общим проективным покрытием 40-50 % можно выделить два подъяруса: верхний из крупнотравья (*Solidago virgaurea*, *Crepis sibirica*, *Hieracium umbellatum*, *Cirsium heterophyllum* и т.д.) и нижний из мелкотравья (*Oxalis acetosella*, *Trientalis europaea*, *Vicia sylvatica* и т.д.). Моховой покров с проективным покрытием 50-60 % сложен из *Polytrichum commune*, *Pleurosium shreberi*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Rhitiadiadelphus triquetrus*, *Sphagnum magellanicum*. Морфологическая характеристика исследуемой почвы следующая:

A01, 0-3 см. Слабо разложившаяся лесная подстилка из остатков мхов, листового опада, много корней, гифы грибов.

A02, 3-5 см. Хорошо разложившаяся нижняя часть подстилки, почти черная с большим количеством углистых остатков, обилие темно-коричневой трухи.

A2, 5-17(21)см. Песок, светло-серый, хорошо отсортированный, однородный, свежий, мелкая галька и единичные валуны, пронизан древесными корнями. Переход языковатый.

V_f, 17(21)-27см. Песок средний, коричневатый с кофейным оттенком, неоднородной окраски, местами светлее, пронизан тонкими корнями, встречаются ортштейновы зерна.

B, 27-31 см. В верхней части тонкий песок, светло-бурый, постепенно переходит в опесчаненный суглинок.

V_k, 31-51 см. Контактный тяжелый суглинок, темно-бурый, плотный, ореховато-комковатой структуры, легко распадается на структурные отдельности, встречается редкая мелкая галька, переход постепенный.

B2, 51-73 см. Темно-бурый суглинок, очень плотный, тяжелый, вязкий, свежий, с редкими разложившимися корнями, плитчато-комковатая структура, переход постепенный.

C, 73-110 см. Продолжается такой же вязкий, тяжелый, плотный суглинок, с песчаными карманами, плитчато-ребристо-комковатой структуры, распадается на структурные отдельности. Переход постепенный.

C_{св}, 110-150 см. Глина плотная, вязкая, темно-бурая, плитчато-комковатой структуры, встречаются мелкие карбонатные включения в виде беложелтых образований. Медленно поступает вода.

Почва исследуемого лиственно-хвойного разнотравно-черничного насаждения – иллювиально-железистый подзол. Почвообразующие породы представлены двучленными отложениями – флювиогляциальные пески подстилаются с 31-40 см моренными суглинками, содержащими на глубине более 110 см карбонатные включения. Наиболее характерным качеством рассматриваемых почв является формирование под подзолистым горизонтом иллювиального железистого горизонта V_f. Этот горизонт выделяется четко по своему коричневому цвету. Химический анализ почвы показал, что содержание в почвообразующей породе карбонатных включений не влияет на свойства почвы, в верхней части профиля кислотность высокая, обменные основания вымыты (табл. 1). В горизонте V_k, который является водоупором, наблюдается понижение pH вследствие накопления кислых органических соединений, возрастает содержание обменных оснований.

Таксационные показатели древоостоя определялись по общепринятым в лесной таксации методам [2]. Почвенные воды отбирали с помощью восьми лизиметров системы Е.И. Шиловой [20], площадь приемной поверхности 30×40 см, были установлены под почвенными горизонтами A0, A2, V_f, V_k. Отбор проб вод и анализ химического состава производили три раза в год – весной, летом и осенью. Для сбора дождевых осадков и их количественного учета использовали осадкомеры объемом 0.5 л со стеклянными воронками диаметром 10 см, обтянутыми марлей. Осадкоулавливатели

Таблица 1

Химические свойства иллювиально-железистого подзола

Горизонт, глубина, см	Потеря при прокаливании, %	Гигроскопическая влага, %	pH		Fe ₂ O ₃ (по Тамму), %	Гидролитическая кислотность, ммоль-экв/100 г почвы	Гумус по Тюрину, %	K ₂ O, мг/100 г почвы (по Масловой)	По Кирсанову, мг/100 г почвы		Поглощенные катионы (по Гедройцу), ммоль-экв/100 г почвы				
			водный	солевой					Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	
A0, 0-5	72.8	7.1	4.5	3.9	0.16	40.2	64.9*	151	30.0	17.8	30.2	6.7	15.5	36.9	
A2, 5-17	1.2	0.2	5	3.7	0.02	2.0	0.5	2	3.1	1.0	0.7	0.3	1.1	1.0	
V _f , 17-27	1.5	0.8	5.2	4.2	0.18	3.4	0.6	4	50.0	0.8	0.7	0.3	2.3	1.0	
V _f , 27-31	1.5	0.8	4.9	4.0	–	3.0	0.5	6	36.8	1.3	1.3	0.8	2.1	2.1	
V _к , 31-41	3.1	2.5	4.7	3.6	0.66	5.0	1.0	13	30.6	1.9	7.8	4.4	5.2	12.2	
V _к , 41-51	2.9	2.8	4.8	3.6	–	4.1	0.6	15	21.4	3.9	9.8	5.9	3.9	15.7	
B2, 60-70	2.8	2.7	5.2	3.7	0.40	2.7	0.4	16	20.0	8.3	5.3	4.3	1.3	9.6	
C, 80-90	2.5	2.6	5.8	4.2	–	1.3	0.3	15	26.1	19.2	14.8	7.5	0.2	22.3	
C _{св} , 125-140	3.9	2.3	7.6	7.1	0.20	0.2	0.3	38	0.3	0.9	–	–	–	–	
C _{св} , 140-150	4.2	2.2	7.8	7.2	0.24	0.2	0.3	37	0.3	0.9	–	–	–	–	

* C_{св}
Здесь и далее: прочерк – не определяли.

были расположены на открытой поляне, под кронами березы, осины, ели и сосны, а также в межкрупном пространстве – «окнах» в 10-кратных повторностях. Осадки собирались по мере поступления. В осадках и лизиметрических водах определяли pH, HCO_3^- – потенциметрически, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- – фотометрически, Cl^- – меркурометрически, K^+ , Na^+ – методом пламенной фотометрии на спектрометре SP-90A (Великобритания), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} – на атомно-адсорбционном спектрофотометре фирмы Hitachi (Япония), $\text{C}_{\text{орг}}$ – бихроматно-потенциметрически на измерителе ХПК III-05 (Россия). Сбор почвенных образцов проведен по стандартной методике. В почве определяли содержание гумуса (по Тюрину), обменные основания (по Гедройцу), подвижные формы железа (по Кирсанову) [1]. Валовой химический анализ почвы определяли рентгено-флуоресцентным методом на VRA-33 (Германия). Химические анализы почвы и вод проведены сотрудниками аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии Коми научного центра УрО РАН по метрологически аттестованным методикам количественного химического анализа (лиц. № РОСС RU.0001.511257).

С целью выявления сопряженных взаимосвязей между различными показателями применялся корреляционный анализ ($P = 0.95$).

Результаты и обсуждение

Содержание химических элементов в атмосферных осадках в значи-

тельной мере является результатом взаимодействия осадков с кронами деревьев. Распределение ионов по степени убывания их концентрации в дождевых водах, поступающих на поверхность почвы исследуемого насаждения, в летний период следующее: $\text{C}_{\text{орг}} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{HCO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}_{\text{общ}} (\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$; в осенний: $\text{C}_{\text{орг}} > \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}_{\text{общ}} (\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$ (табл. 2).

Подстилочный горизонт (A0).

Кислотность (pH) лизиметрических вод из подстилки составляет в среднем 5.21 (табл. 3), варьируя в различные периоды и годы исследования от 4.87 до 5.66. Данные по динамике pH подстилочных вод в течение вегетационного сезона показали, что в летний период они кислее, как и атмосферные осадки под пологом древостоя. Концентрация H^+ в подстилочных водах за исследуемый период варьировала от 0.001 до 0.013 ммоль-экв/л. Основная тенденция сезонной миграции данного элемента такова, что в весенне-летний период (май-август) его концентрация выше, чем в осенний (август-октябрь). При этом максимальное значение концентрации ионов водорода приходится на период с июня по август. Так, в весенних подстилочных водах 1998 г. содержание H^+ составляет 0.009 ммоль-экв/л, в летних – 0.013, в осенних – 0.005 (табл. 4). По-видимому, увеличение концентрации ионов водорода связано с периодом активной вегетации и благоприятным тепловым режимом, который способствует интенсивному

разложению подстилки. За весь период исследований содержание ионов водорода в подстилочных водах от двух до 13 раз выше, чем в атмосферных осадках. Корреляционный анализ выявил среднюю положительную связь между содержанием H^+ в кроновых и подстилочных водах ($r = 0.42$).

В летний и осенний периоды в подстилочных водах среди анионов преобладают гидрокарбонаты и ионы хлора. Среди катионов в летний период доминируют ионы кальция, калия и магния, в осенний – кальция, магния и железа. По сравнению с атмосферными осадками, прошедшими сквозь полог древостоя, содержание в подстилочных водах $\text{C}_{\text{орг}}$, Cl , Fe и сульфатов значительно выше (табл. 2, 3). Это указывает на преимущественное вымывание этих элементов из органического слоя почвы. В летний период концентрация кальция в кроновых водах выше, чем в подстилочных, а осенью возрастает в подстилочных. Сезонное увеличение содержания кальция в осенний период обусловлено поступлением свежего листового опада. Концентрация HCO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ в кроновых и подстилочных водах приблизительно одинакова.

Содержание органического углерода в подстилочных водах в среднем составляет 111.08 мг/л (табл. 3). Высокая концентрация органического вещества в подстилочных водах связана с вымыванием $\text{C}_{\text{орг}}$ из подстилки и опада и его высоким содержанием в атмосферных осадках, прошедших сквозь кроны деревьев (21.32 мг/л)

Таблица 2

Химический состав атмосферных осадков под кронами деревьев и лизиметрических вод из-под почвенных горизонтов (среднее за 1996-1998 гг.), ммоль-экв/л

Горизонт	H^+	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	Fe^{2+3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Mn^{2+}
Май-август											
Кроновые воды	0.001	0.109	0.050	0.006	0.012	0.004	0.304	0.115	0.114	0.065	0.001
A0	0.009	0.101	0.089	0.012	0.013	0.036	0.203	0.108	0.118	0.050	0.007
A2	0.003	0.099	0.065	0.010	0.004	0.094	0.211	0.098	0.053	0.062	0.001
Bf	0.004	0.111	0.059	0.013	0.004	0.070	0.154	0.104	0.048	0.058	0.000
Bк	0.003	0.152	0.055	0.001	0.004	0.146	0.141	0.095	0.030	0.045	0.000
Август-октябрь											
Кроновые воды	0.001	0.150	0.033	0.010	0.020	0.003	0.141	0.084	0.119	0.032	0.007
A0	0.007	0.179	0.076	0.020	0.018	0.126	0.445	0.171	0.086	0.059	0.012
A2	0.003	0.130	0.044	0.006	0.009	0.063	0.285	0.116	0.029	0.049	0.000
Bf	0.003	0.112	0.053	0.007	0.004	0.075	0.200	0.092	0.03	0.041	0.001
Bк	0.003	0.125	0.043	0.010	0.008	0.085	0.216	0.105	0.038	0.057	0.001
Май-октябрь											
Кроновые воды	0.001	0.130	0.041	0.008	0.016	0.004	0.223	0.100	0.116	0.048	0.004
A0	0.008	0.140	0.083	0.016	0.015	0.081	0.324	0.139	0.102	0.054	0.010
A2	0.003	0.115	0.054	0.008	0.007	0.079	0.248	0.107	0.041	0.055	0.001
Bf	0.003	0.112	0.056	0.010	0.004	0.072	0.177	0.098	0.039	0.050	0.001
Bк	0.003	0.138	0.049	0.005	0.006	0.115	0.178	0.100	0.034	0.051	0.001

(табл. 3). Следует отметить некоторое увеличение концентрации органического углерода в лизиметрических водах подстилочного горизонта в осенний период, что связано с поступлением большого количества органического вещества со свежим опадом. Как показали наши исследования, при трансформации химического состава растительного опада основную долю потери веса в результате разложения составляет органический углерод [15]. Известно, что водорастворимые органические вещества в подстилочных водах подзолистых почв представлены, помимо гуминовых и фульвокислот, низкомолекулярными соединениями – органическими кислотами: лимонной, щавелевой, янтарной и др. Они способны образовывать устойчивые растворимые комплексы с катионами по типу хелатной связи [5, 19]. Высокое содержание органических кислот в подстилочных водах определяет их кислый характер [8].

Подзолистый горизонт (A2). В водах из-под подзолистого горизонта кислотность ниже, чем подстилочных (pH = 5.72) (табл. 3). Ряд содержания ионов в лизиметрических водах из-под A2 в порядке убывания следующий: в летний период: $C_{орг} > Ca^{2+} > HCO_3^- > Fe_{общ} > Mg^{2+} > Cl^- > Na^+ > K^+ > SO_4^{2-} > PO_4^{3-} > H^+ > Mn^{2+}$; в осенний: $C_{орг} > Ca^{2+} > HCO_3^- > Mg^{2+} > Fe_{общ} > Cl^- > Na^+ > K^+ > PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > H^+ > Mn^{2+}$ (табл. 2). Согласно этому, доминирующими компонентами в водах подзолистого горизонта являются органический углерод, кальций и гидрокарбонаты. Несмотря на то, что представленная последовательность ионов в летний и осенний период отличается незначительно, количественные показатели имеют определенные сезонные тенденции. Осенью увеличивается содержание фосфатов, гидрокарбонатов, ионов кальция и магния (по среднегодовым показателям) в водах из-под A2 (табл. 2).

Тесные корреляционные связи между Ca^{2+} и HCO_3^- ($r = 0.73$), наблюдаемые нами для вод подзолистого горизонта, связаны с тем, что их перемещение может происходить в виде растворимого в воде $Ca(HCO_3)_2$ [20]. Положительная связь между $C_{орг}$ и Fe ($r = 0.8$) в почвенных водах из-под A2 свидетельствует о миграции железа из подстилки через горизонт A2 в виде органо-минеральных комплексов [3]. Различие в химическом составе подстилочных вод и почвенных вод из подзолистого горизонта указывает на дополнительный вынос железа и калия

из горизонта A2 в летний период (табл. 2). Для остальных элементов характерна ассимиляция и химическое связывание в этом горизонте. Учитывая, что основная масса корней сосредоточена в верхнем 35-сантиметровом слое почвы, не исключено активное биологическое поглощение на границе между органогенным и подзолистым горизонтом.

Иллювиальный горизонт В_f. В почвенных водах иллювиального горизонта В_f значение pH составляет 5.66 (табл. 3). Ряд содержания ионов в лизиметрических водах из-под данного горизонта в летний период следующий: $C_{орг} > Ca^{2+} > HCO_3^- > Mg^{2+} > Fe_{общ} > Cl^- > Na^+ > K^+ > SO_4^{2-} > PO_4^{3-} > H^+ > Mn^{2+}$ (табл. 2). Последовательность и количественные показатели средней концентрации ионов в осенних водах практически идентичны летним (табл. 2). В иллювиальном горизонте наблюдается закрепление гидрокарбонатов, фосфора, кальция, магния и натрия в осенний период, железа, хлора, кальция и натрия – в летний. В горизонте В_f наблюдается сезонная аккумуляция водорастворимых форм железа. Так, с мая по август происходит закрепление железа в этом горизонте (табл. 2, 3). Это связано с тем, что в весенне-летний период при избыточных весенних влагонакоплениях и прогревании почвы в минеральных горизонтах активизируются биохимические процессы, протекающие при недостатке кислорода [19]. Благодаря этим процессам часть водорастворимого железа, поступающего в иллювиальный горизонт В_f, закрепляется. Наши исследования показывают, что наиболее благоприятный гидротермический режим для данных процессов в исследуемой почве наблюдается с июня по август на глубине до 0-50 см [14]. Позже (с августа по октябрь) закрепление водорастворимых форм железа в В_f менее выражено (рис. 1).

Контактный горизонт В_k. Кислотность (pH) лизиметрических вод из-под горизонта В_k составляет 5.77 (табл. 3). В разные годы исследований в течение вегетационного сезона pH варьировал от 5.21 до 6.23. В водах из-под горизонта В_k по концентрации преобладают $C_{орг}$, HCO_3^- , Ca^{2+} , Fe, Mg. Горизонтом В_k в основном ограничивается корнеобитаемый слой почвы [14]. Миграция элементов за его пределы делает их труднодоступными для растений. Химический состав лизиметрических вод из горизонта В_k показывает, что в той или иной степени

Таблица 3
Химический состав атмосферных осадков из-под крон деревьев и лизиметрических вод из-под почвенных горизонтов, мг/л

Наименование	pH	C _{орг}	N _{общ}
1996 г.			
Кроновые воды	6.08	30.93	7.99
Горизонт			
A0	5.37	115.05	9.25
A2	5.90	44.35	4.90
В _f	5.84	49.40	8.83
В _k	5.93	–	–
1997 г.			
Кроновые воды	5.87	–	0.86
Горизонт			
A0	5.20	112.20	2.03
A2	5.53	25.20	1.45
В _f	5.69	–	0.98
В _k	5.73	–	0.82
1998 г.			
Кроновые воды	5.82	11.71	1.01
Горизонт			
A0	5.08	106.00	2.73
A2	5.73	29.87	0.71
В _f	5.45	15.00	0.59
В _k	5.67	11.00	0.01
Среднегодовое			
Кроновые воды	5.92	21.32	3.29
Горизонт			
A0	5.21	111.08	4.67
A2	5.72	33.14	2.35
В _f	5.66	32.20	3.47
В _k	5.77	11.00	0.42

происходит вынос всех определяемых нами элементов. В этом горизонте закрепления большинства определяемых элементов не происходит. Их содержание в водах горизонта В_k практически такое же или выше, чем в водах иллювиального горизонта.

Кислотность (pH) лизиметрических вод уменьшается в направлении от A0 к В_k. Подстилочные воды, как правило, более кислые, чем воды из-под минеральных горизонтов почвы. Это обусловлено высоким содержанием в них органических кислот [8]. В процессе миграции по профилю почвы наблюдается снижение концентрации в лизиметрических водах элементов-органогенов: калия, фосфора, азота и кальция, что свидетельствует об их биогенной ассимиляции и аккумуляции в почве. В водах из-под подстилки доминируют органический углерод, кальций, магний, калий, гидрокарбонаты и хлориды, из-под минеральных горизонтов – гидрокарбонаты, кальций, магний, железо, хлориды (табл. 2). Согласно литературным данным, в составе почвенных вод ельников таежной

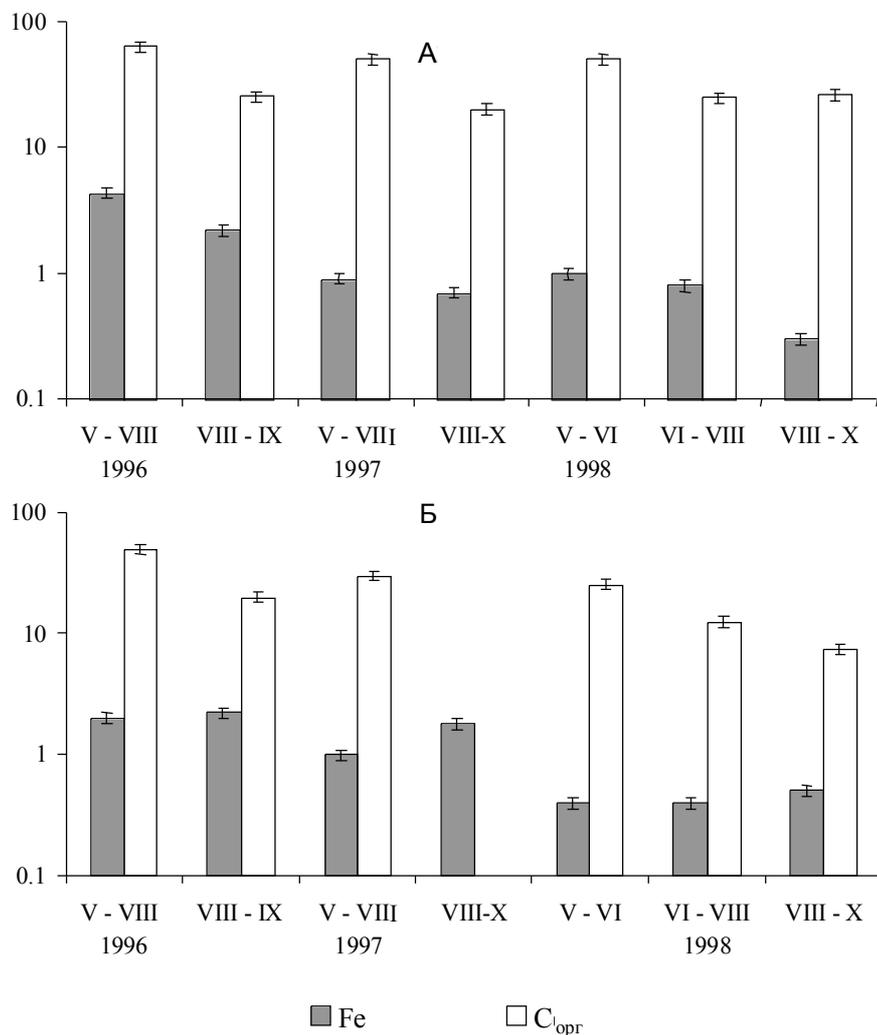


Рис. 1. Динамика содержания (мг/л) железа и органического углерода в лизиметрических водах из-под горизонтов А2 (А) и В₁ (Б) (логарифмическая шкала) в мае-октябре (V-X). Концентрация C_{орг} в период VIII-X 1997 г. не определена.

зоны среди катионов доминируют ионы аммония и кальция, среди анионов – хлориды и сульфаты [3, 5, 7].

Химический состав почвенных вод исследуемого биогеоценоза отличается высоким содержанием HCO₃⁻ и Ca²⁺ по сравнению с другими ионами. Как правило, в летний период концентрация гидрокарбонатов в почвенных водах в направлении от А₀ к В_к увеличивается, а ионов кальция – снижается. Осенью происходит уменьшение содержания HCO₃⁻ и Ca²⁺ в направлении от А₀ к В_к. Согласно Е.И. Шиловой и Л.В. Коровкиной [21], перемещение ионов HCO₃⁻ и Ca²⁺ в виде растворимого в воде Ca(HCO₃)₂ происходит в минеральном слое почвы. Количество этих ионов авторы связывают с окислительно-восстановительными реакциями в процессе дыхания корней, в ходе которых образуется угольная кислота. Они отмечают, что соотношение HCO₃⁻/Ca²⁺ резко расширяется в летний период в связи с усилением дыхания корней, интенсивным выделени-

ем ими угольной кислоты и образованием гидрокарбонатов. Согласно нашим данным, в летний период соотношение HCO₃⁻/Ca²⁺ в А₀ и А₂ составляет по 0.5, в В_г – 0.7, в В_к – 1.1. В осенний период эти величины составляют соответственно 0.4, 0.5, 0.6 и 0.6. Таким образом, наблюдается увеличение отношения HCO₃⁻/Ca²⁺ в направлении от А₀ к В_г. Подобная тенденция отмечалась ранее для березняков разнотравного типа. В ельниках от горизонта А₀ к В_к соотношение HCO₃⁻/Ca²⁺ сужается [21].

С жидкими атмосферными осадками под кроны деревьев в летний период поступает 0.304 ммоль-экв/л кальция, в осенний – 0.14, из подстилки вымывается 0.20 и 0.45 ммоль-экв/л соответственно, за пределы горизонта В_к выносятся 0.14 и 0.22 ммоль-экв/л кальция соответственно (табл. 2). Концентрация ионов кальция за исследуемый период значительно варьирует. Это связано с объемом атмосферных выпадений [23]. В среднетаежном

ельнике зеленомошном Республики Коми содержание кальция в подстилочных водах составляет 0.30, водах из-под горизонта В₁ – 0.28 ммоль-экв/л [3]. Причина различия внутрипрофильной миграции кальция между лиственным-хвойным насаждением и ельником связана с тем, что в исследуемом насаждении в составе древостоя, наряду с хвойными, значительное участие принимают лиственные породы. В его напочвенном покрове большое распространение имеет разнотравье, что способствует более широкому вовлечению кальция в биологический круговорот. В березняках накопления подвижных форм кальция в лесных подстилках не наблюдается, так как происходит более активное вымывание их из растительных остатков и поглощение растительностью [10]. В лесах с участием лиственных пород, по мнению В.В. Пономаревой, «...кальций задерживается в слабо разлагающихся лесных подстилках и по мере его медленной минерализации вновь вовлекается в биологический цикл растениями и микроорганизмами лишь в очень небольшом количестве, поступающая в нижележащий минеральный горизонт, отчего последний не только не обогащается биогенным кальцием, но теряет кальций алюмосиликатных минералов» [12, с. 174].

В исследуемой почве характерна нисходящая миграция оксидов железа по всему профилю. Лишь в горизонте В_г заметна сезонная аккумуляция железа. Подвижные водорастворимые формы железа выносятся из всех почвенных горизонтов, их концентрация в направлении от А₀ к В_к (за исключением горизонта В_г) возрастает, что связано в какой-то мере с низким уровнем его потребления корнями растений, а также миграцией в форме комплексов с низкомолекулярными органическими соединениями неспецифической природы, слабым проявлением биофильности [3, 12, 19].

Согласно нашим исследованиям, в процессе внутрипрофильной миграции от А₀ к В_к содержание органического углерода снижается почти в 10 раз. Это связано с тем, что по мере вымывания фульвокислот из подстилки в нижележащие почвенные горизонты происходит их нейтрализация и выпадение фульватов [6]. В составе лизиметрических вод А1-Fe гумусовых подзолов доля неспецифических органических соединений может достигать 30 % общего содержания органического вещества. Состав этих соедине-

Таблица 4

Химический состав атмосферных осадков из-под кроны деревьев и лизиметрических вод из-под почвенных горизонтов, ммоль-экв/л

Наименование	H ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Fe ²⁺³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Mn ²⁺
май-август 1996 г.											
Кроновые воды	0.001	0.166	0.049	0.014	0.006	0.00001	0.111	0.045	0.098	0.027	–
Горизонт											
A0	0.009	0.128	0.135	0.022	0.00001	0.032	0.230	0.107	0.323	0.056	–
A2	0.003	0.140	0.090	0.028	0.00001	0.230	0.395	0.165	0.089	0.054	–
V _f	0.003	0.116	0.089	0.048	0.00001	0.107	0.220	0.157	0.097	0.098	–
V _к	0.002	0.175	0.076	–	0.00001	0.273	0.210	0.107	0.064	0.047	–
август-октябрь 1996 г.											
Кроновые воды	0.001	0.138	0.042	0.026	0.013	0.001	0.133	0.049	0.099	0.012	–
Горизонт											
A0	0.002	0.128	0.110	0.000	0.010	0.267	0.450	0.198	0.218	0.073	–
A2	0.000	0.172	0.048	0.004	0.001	0.118	0.335	0.116	0.029	0.065	–
V _f	0.001	0.128	0.075	0.004	0.002	0.118	0.265	0.099	0.024	0.045	–
V _к	0.001	0.168	0.047	0.008	0.003	0.257	0.365	0.165	0.103	0.156	–
май-август 1997 г.											
Осадки	0.001	0.060	0.051	0.001	0.016	0.013	0.628	0.213	0.122	0.110	0.001
Горизонт											
A0	0.005	0.074	0.043	0.001	0.026	0.027	0.100	0.107	0.073	0.047	0.005
A2	0.003	0.058	0.039	0.000	0.003	0.059	0.091	0.112	0.048	0.088	0.002
V _f	0.002	0.106	0.028	0.002	0.006	0.118	0.048	0.120	0.020	0.034	0.001
V _к	0.002	0.128	0.034	0.001	0.008	0.150	0.040	0.124	0.021	0.035	0.001
август-октябрь 1997 г.											
Осадки	0.001	0.205	0.023	0.011	0.044	0.004	0.138	0.112	0.086	0.026	0.007
Горизонт											
A0	0.009	0.230	0.042	0.056	0.034	0.070	–	–	0.048	0.054	0.014
A2	0.004	0.088	0.039	0.014	0.020	0.029	0.270	0.107	0.043	0.064	0.001
V _f	0.002	0.096	0.030	0.018	0.008	0.096	0.180	0.120	0.036	0.049	0.001
V _к	0.002	0.122	0.011	0.021	0.027	0.005	0.165	0.107	0.040	0.056	0.001
май-июнь 1998 г.											
Осадки	0.002	0.102	–	0.004	0.013	0.000001	0.173	0.088	0.122	0.057	0.001
Горизонт											
A0	0.009	–	–	–	–	0.045	0.265	0.124	0.056	0.072	0.007
A2	0.003	–	–	–	–	0.043	0.198	0.074	0.042	0.073	0.001
V _f	0.003	–	–	0.001	0.003	0.032	0.227	0.107	0.044	0.054	0.000
V _к	0.001	–	–	–	–	0.075	0.155	0.083	0.017	0.048	0.000
июнь-август 1998 г.											
Осадки	0.001	0.129	–	0.002	0.011	0.004	0.147	0.088	0.145	0.044	0.007
Горизонт											
A0	0.013	–	–	0.003	0.009	0.080	0.430	0.140	0.046	0.054	0.012
A2	0.004	–	–	0.001	0.010	0.043	0.160	0.041	0.033	0.032	0.000
V _f	0.007	–	–	0.002	0.008	0.021	0.120	0.033	0.030	0.047	0.000
V _к	0.006	–	–	0.000001	0.004	0.086	0.160	0.066	0.017	0.049	0.000
август-октябрь 1998 г.											
Осадки	0.001	0.129	–	0.002	0.011	0.004	0.147	0.088	0.145	0.044	0.007
Горизонт											
A0	0.005	–	–	–	–	0.086	0.455	0.174	0.033	0.054	0.011
A2	0.001	–	–	0.001	0.005	0.043	0.325	0.132	0.023	0.034	0.000
V _f	0.003	–	–	0.00001	0.003	0.027	0.175	0.058	0.033	0.036	0.001

Примечание: прочерк – отсутствие данных.

ний в лизиметрических водах определяется наличием органических форм неокислотной природы (продукты гидролиза целлюлозы – альдегидоспирты). Именно эта группа соединений отличается относительно высокой миграционной способностью, так как слабо взаимодействует с минераль-

ными компонентами почвенного профиля [4]. Аккумуляция и «связывание» органического вещества наблюдается в подзолистом и иллювиальном горизонтах. Содержание фосфатов в направлении от A0 к V_f уменьшается от 0.018 до 0.004 ммоль-экв/л (табл. 2). В ельниках их концентрация в лизи-

метрических водах значительно ниже – в пределах 0.0003-0.001 ммоль-экв/л [3, 22]. Миграция фосфора в исследуемой почве сопровождается активным его потреблением корнями растений в подстилке и на «выходе» из органогенного горизонта в минеральную часть почвы.

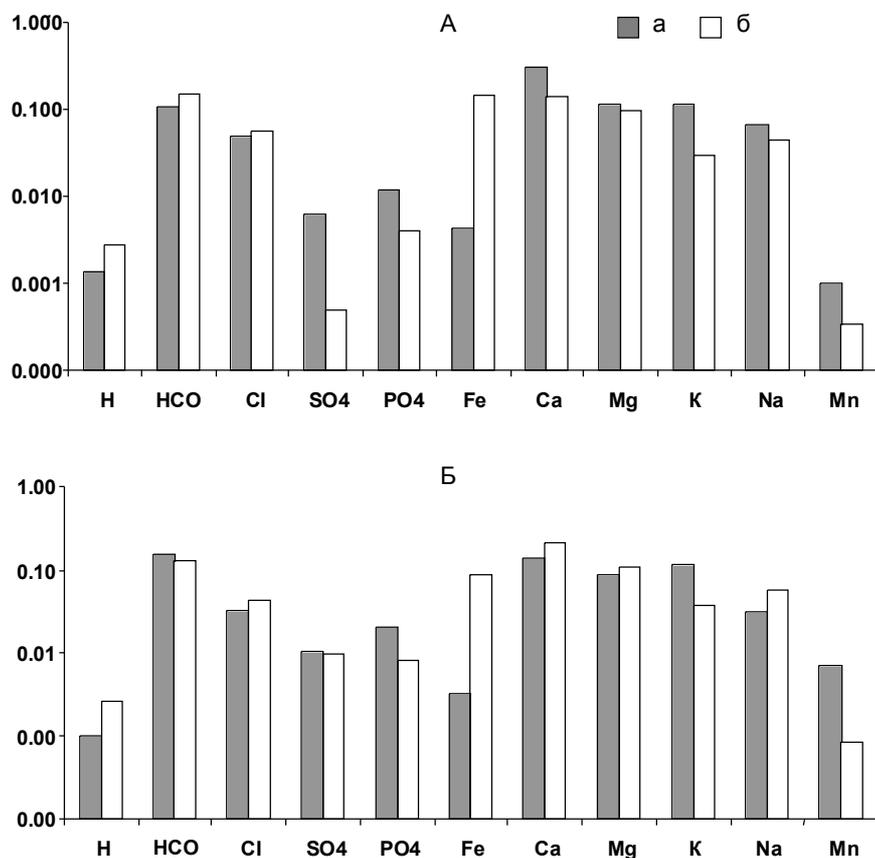


Рис. 2. Химический состав атмосферных осадков (ммоль-экв/л) под кронами деревьев (а) и лизиметрических вод из-под В_к (б) в летний (А) и осенний (Б) периоды.

Химический состав лизиметрических вод из-под контактного горизонта В_к говорит о продолжающемся выносе всех элементов за пределы корнеобитаемого слоя (рис. 2), чему способствует сквозное промачивание почвы атмосферными осадками. Для азота и большинства минеральных элементов (за исключением железа и хлора) среднегодовые количественные показатели их содержания в кроновых водах выше, чем в лизиметрических из-под В_к (рис. 1). Это является результатом ряда процессов, происходящих в биогеоценозе. Почва служит некоторым барьером, препятствующим выносу необходимых растениям элементов за пределы корнеобитаемого слоя. Установлено, что в процессе внутрипрофильной миграции происходит частичное закрепление С_{орг}, P, Ca, Mg, K, Na, Mn в иллювиальном горизонте В_г. Кроме того, происходит активная биогенная аккумуляция элементов. Согласно А.И. Перельману [11, с. 63], «живое вещество, которое с одной стороны способствует переходу элементов в подвижное состояние, с другой – захватывает их в ходе биогенной аккумуляции и переводит их в практически нерастворимые органические соединения тел организмов». Немало-

важную роль играет компенсаторная роль осадков в восполнении ряда элементов в биогеохимическом круговороте веществ, на что указывалось ранее для различных типов лесных экосистем [13, 18, 23].

В содержании ряда элементов в кроновых и лизиметрических водах из-под В_к наблюдаются определенные сезонные особенности. Так, в осенний период за пределы контактного горизонта выносятся больше кальция, магния и натрия, чем поступает с кроновыми водами на поверхность почвы. Вероятно, это связано с поступлением свежего опада и уменьшением биологического поглощения этих элементов в конце вегетационного периода. Содержание калия в летний и осенний периоды за годы исследований в кроновых водах было стабильно выше, чем в лизиметрических из-под контактного горизонта. Среднегодовая концентрация калия в атмосферных осадках из-под крон деревьев в 3.7 раза выше, чем в почвенных водах, выносимых за пределы корнеобитаемого слоя (рис. 1, табл. 2). Калий, как достаточно подвижный элемент, легко выщелачивается из крон деревьев и активно перехватывается растениями из подстилочного горизонта, поэтому

«на выходе» его оказывается значительно меньше, чем поступает с осадками. Миграция азота в формах, доступных для растений, является одной из ключевых в биологическом круговороте. В атмосферных осадках, проходящих сквозь кроны деревьев, в исследуемом биогеоценозе содержится общего азота 3.29 мг/л, в водах из подстилочного горизонта – 4.67 мг/л (табл. 3). Азот закрепляется в каждом почвенном горизонте и в результате «на выходе» из корнеобитаемого слоя его концентрация составляет 0.92 мг/л.

В лизиметрических водах из-под минеральных горизонтов почвы наблюдаются тесные корреляционные связи между катионами Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Mn²⁺ и Fe²⁺³⁺ с анионами SO₄²⁻, Cl⁻ и NO₃⁻. Согласно Н.В. Лукиной и В.В. Никонову [8], сульфаты и нитраты характеризуются высокой миграционной способностью. Нитраты активно иммобилизуются растениями и микроорганизмами. Биологическое поглощение сульфатов не столь значительно, но они, будучи мобильными ионами, транспортируют катионы кальция, магния, калия и марганца [9]. Химический состав лизиметрических вод зависит от состава снега и дождя, а также компонентов растительности, опада [16, 18, 23]. Согласно нашим исследованиям, для таких элементов, как азот, сера, фосфор, кальций и магний определенная зависимость химического состава лизиметрических вод от осадков существует. Например, содержание фосфатов в кроновых водах в период с мая по август 1996 г. составило 0.006, в подстилочных – 0.00001, водах из-под контактного горизонта – 0.00001 ммоль-экв/л, за этот же период 1997 г. – 0.016, 0.026 и 0.008 ммоль-экв/л соответственно (табл. 4.). Для остальных компонентов такой зависимости не наблюдается. Можно предположить, что химический состав осадков, наряду с другими природными факторами (погодные условия, количество осадков, гидротермический режим почвы и т.д.) оказывает влияние на состав лизиметрических вод.

Выводы

1. В химическом составе атмосферных осадков, проникающих в почву из-под крон деревьев (кроновые воды) лиственно-хвойного насаждения, наиболее значительным является содержание органического углерода, гидрокарбонатов, калия, кальция и азота.

ЛИТЕРАТУРА

2. Основная часть элементов минерального питания мигрирует по профилю почвы с органическими веществами и мобильными анионами. В процессе внутрипрофильной миграции водорастворимых соединений заметна биогенная ассимиляция азота, фосфора и калия на границе между подстилкой и подзолистым горизонтом, где сосредоточена основная масса корней растений.

3. В иллювиальном горизонте V_f выявлены признаки накопления органического углерода, хлора, кальция, калия, железа, натрия и марганца в весенне-летний период и органического углерода, фосфора, кальция, магния и натрия – в осенний. В этом горизонте наблюдается сезонное закрепление железа, коррелирующее с содержанием органического углерода. На фоне нисходящей миграции водорастворимых минеральных элементов и органических соединений наблюдаются элементы иллювиальной фиксации органо-минеральных соединений.

4. Установлено, что формирование лиственно-хвойного насаждения на месте вырубки ельника наложило определенный отпечаток на процесс водной миграции элементов. Концентрация кальция в лизиметрических водах из-под контактного горизонта (V_k) в исследуемом насаждении выше, чем в ельнике.

5. К 45-летнему возрасту для данной экосистемы достигнуто определенное равновесие, при котором количество элементов (за исключением железа и хлора), вымываемых за пределы корнеобитаемого слоя, не превышает поступающего с кронными водами. Вместе с тем происходит вынос всех водорастворимых минеральных элементов и органических соединений за пределы корнеобитаемого слоя.

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука. 1965. 436 с.

2. Анучин Н.П. Лесная таксация. М., 1982. 552 с.

3. Арчегова И.Б. Химический состав лизиметрических вод // Продуктивность и круговорот элементов в фитоценозах Севера. Л.: Наука, 1975. С. 68-83.

4. Воздействие полога ельника сложного на химический состав осадков / Л.О. Карпачевский, Т.А. Зубкова, Т. Пройслер и др. // Лесоведение, 1998. № 1. С. 50-59.

5. Горбачева Т.Т. Состав и свойства вод Al-Fe-гумусовых подзолов Кольского полуострова (природные и техногенные аспекты): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Апатиты, 2001. 23 с.

6. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. М.: Просвещение, 1976. 288 с.

7. Евтюгина З.А. Особенности водной миграции химических элементов в ландшафтах, подверженных аэротехногенному загрязнению. Апатиты, 1994. 48 с. – (Науч. сообщения / Кольский НЦ РАН).

8. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты, 1996. Ч. 1. 213 с.

9. Лукина Н.В., Никонов В.В., Райтио Х. Пространственная изменчивость кислотности Al-Fe-гумусовых подзолов // Почвоведение, 2002. № 2. С. 163-176.

10. Морозова Р.М., Егорова Н.В., Куликова В.К. Особенности почвообразования под березовыми и еловыми лесами средней тайги // Почвы Карелии и пути повышения их плодородия. Петрозаводск. 1971. С. 5-16.

11. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Гос. изд-во географ. литры, 1961. 495 с.

12. Пономарева В.В. Теория подзолообразовательного процесса. М.: Наука, 1964. 380 с.

13. Пономарева В.В., Рожнова Т.А., Сотникова Н.С. Особенности биологического круговорота в хвойных лесах гумидного климата по результатам лизиметрических исследований // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971. С. 220-226.

14. Пристова Т.А. Биологический круговорот азота и зольных элементов в лиственно-хвойном насаждении подзоны средней тайги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2003. 19 с.

15. Пристова Т.А. Трансформация растительного опада в процессе формирования химического состава лесной подстилки в лиственно-хвойном насаждении // Актуальные проблемы биологии и экологии: Матер. докл. X молодеж. науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2003. С. 179-180.

16. Снакин В.В., Присяжная А.А., Рухович О.В. Состав жидкой фазы почв. М., 1997. 325 с.

17. Стрелкова А.А. Процессы миграции веществ с природными водами // Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 150-162.

18. Ушакова Г.И. Биогеохимическая миграция элементов и почвообразование в лесах Кольского полуострова. Апатиты, 1997. 150 с.

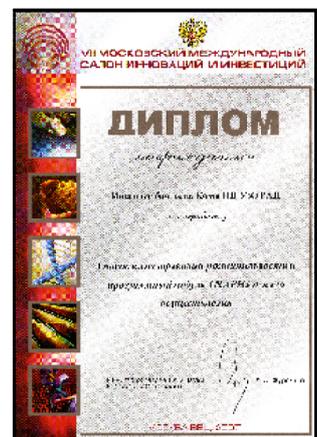
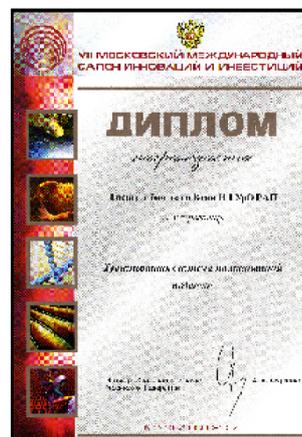
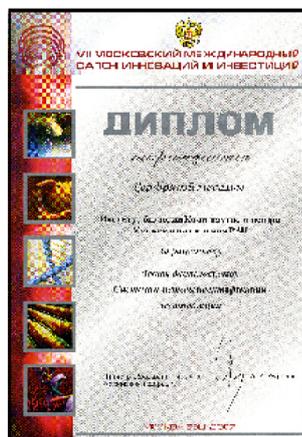
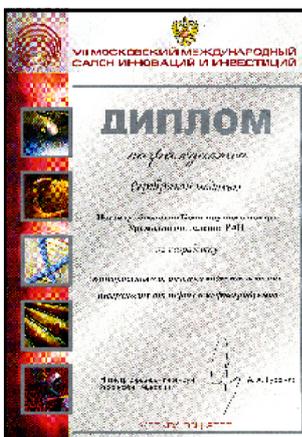
19. Фролова Л.Н. Особенности почвообразования в еловых лесах в связи со сменой пород в условиях Коми АССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 1965. 18 с.

20. Шилова Е.И. Метод получения почвенного раствора в природных условиях // Почвоведение, 1955. № 11.

21. Шилова Е.И., Коровкина Л.В. Сезонная динамика химического состава лизиметрических вод подзолистых тяжелосуглинистых почв // Почвоведение, 1961. № 3. С. 36-47.

22. Soil solution quality during 1998-2000 on 13 of the level II sites / J. Derom, A. Lindroos, K. Derom et al. // Forest condition monitoring in Finland: National report 2001. Vantaa, 2002. P. 70-88. – (The Finnish Forest Res. Inst.: Res. Papers; 879).

23. Starr M.R. Variation in the quality of tension lysimeter soil water samples from a Finnish forest soil // Soil science, 1985. Vol. 140. № 6. P.453-461. ❖





ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ ЛЕСНОГО ПОКРОВА В ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

к.б.н. С. Ильчуков

с.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера
E-mail: ilchukov@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: *лесная экология, моделирование, ландшафты*

После перехода в лесной промышленности в начале XX в. от приисковых и выборочных рубок к сплошным, а с 1930-х годов – к сплошным концентрированным рубкам, в лесном покрове европейского Севера произошла широко-масштабная смена хвойных пород лиственными. В исследованиях многих лесоводов [14, 15, 17, 18, 20] подробно изучены процессы лесовосстановления в различных подзонах тайги, типах леса и лесорастительных условиях. Достоверные результаты по оценке масштабов смены пород получены при использовании ландшафтных методов. Так, для отдельных лесхозов Республики Карелия А.Н. Громцевым [9, 10] на основе материалов лесоустройств XIX и XX вв. проведен ретроспективный анализ антропогенной динамики лесного покрова в различных типах таежных ландшафтов за последние 150 лет. Целью нашей работы являлась оценка антропогенной трансформации лесного покрова с учетом ландшафтной структуры территории подзоны южной тайги Республики Коми.

Согласно карте физико-географического районирования Республики Коми [2], территория подзоны южной тайги площадью 7519.1 км² (1.87 % общей площади республики) относится к физико-географической стране Русской равнины, области Северных Увалов. Здесь выделяют три физико-географических района: Лузский левобережный и Прилузский представлены плоско-увалистой эрозионно-аккумулятивной моренно-водноледниковой равниной, местами значительно расчлененной, с покровными суглинками и супесями, подстилаемыми моренными суглинками; Летский – денудационно-аккумулятивной возвышенной увалистой равниной с пылеватými покровными суглинками.

В настоящее время для территории Республики Коми составлены две мелкомасштабные (1:2000000) ландшафтные карты: обзорная карта-схема ландшафтного зонирования России [2] и карта ландшафтов Республики Коми [3]. Однако выделенные на этих генерализированных картах контуры географических ландшафтов сложно «привязать» к конкретным участкам рельефа и планам лесонасаждений лесхозов, поэтому для решения поставленной задачи на первом этапе работы необходимо было создать среднemasштабную (1:200000) карту ландшафтов подзоны южной тайги.

В течение 2005-2007 гг. автором были проанализированы все имеющиеся тематические карты по данной территории: 1) топографическая карта территории (масштаб 1:200000); 2) карты лесонасаждений Прилузского, Летского, Койгородского и Кажимского лесхозов (масштаб 1:200000); 3) Государственная геологическая карта Российской Федерации [8] (масштаб 1:1000000); 4) карта распростра-

нения почвообразующих пород (масштаб 1:1000000); 5) почвенная карта (М 1:1000000); 6) ряд климатических и гидрологических карт Республики Коми [4] (масштаб 1:9000000). На основе интерпретации всего объема картографического материала, переведенного с помощью ГИС-программ в цифровой формат одного масштаба и картографической проекции, и с использованием общепринятых методических приемов и критериев ландшафтного зонирования [5, 7, 10, 13] была составлена карта географических ландшафтов подзоны южной тайги в масштабе 1:200000 (рис. 1) с подробной характеристикой выделенных на территории ландшафтов.

1. Ландшафт денудационно-тектонических холмистых слабо дренированных возвышенностей Северных Увалов, сложенных моренными и покровными пылеватými суглинками и супесями, подстилаемыми моренными суглинками, с преобладанием еловых местообитаний (5037 км², или 67 % территории подзоны южной тайги).

2. Ландшафт моренных волнистых слабо дренированных равнин, сложенных моренными и покровными пылеватými суглинками и супесями, подстилаемыми моренными суглинками, с преобладанием еловых местообитаний (1144 км², 15.2 % территории).

3. Ландшафт водно-ледниковых слабоволнистых средне дренированных равнин, сложенных песчаными породами, подстилаемыми моренными суглинками, с преобладанием еловых местообитаний (1194 км², 15.9 %).

4. Ландшафт водно-ледниковых террасированных средне дренированных равнин, сложенных озерно-ледниковыми отложениями на древних флювиогляциальных песках, с преобладанием сосновых местообитаний (33 км², 0.4 %).

5. Интразональный линейный природно-территориальный комплекс рек Луза, Сысола и Летка: хорошо дренированные пойменные равнины с песчаными почвообразующими породами на древних флювиогляциальных песках с преобладанием луговой растительности (111 км², 1.5 % территории).

Второй этап работы заключался в создании ретроспективной, до периода активной хозяйственной деятельности, карты планов лесонасаждений лесхозов, т.е. проведении реконструкции мест обитания коренных лесов. К коренным лесам, которые развиваются в течение длительного времени (существенно превышающего нормальную естественную продолжительность жизни основных древесных пород) через естественную смену поколений деревьев и имеют площадь, достаточную для функционирования естественных механизмов такой смены, на территории Республики Коми относятся сосняки и ельники [11, 16]. Однако вследствие длительного

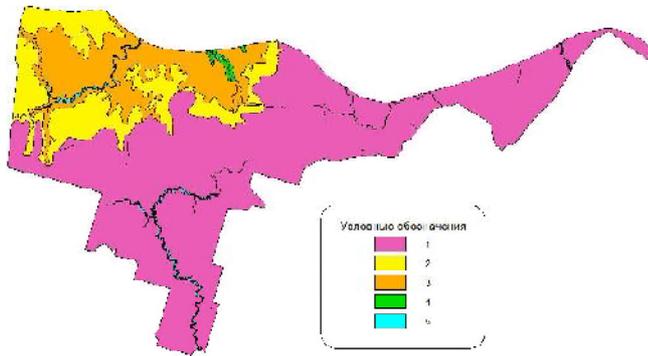


Рис. 1. Карта географических ландшафтов подзоны южной тайги Республики Коми (проекция УТМ-1983). *Объяснения* в тексте.

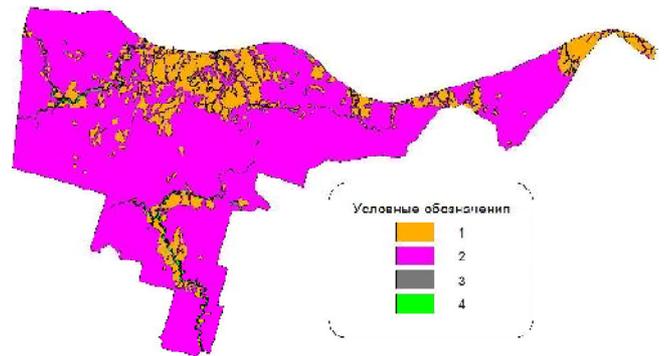


Рис. 2. Реконструкция типов местообитаний на территории подзоны южной тайги Республики Коми (проекция УТМ-1983). *Условные обозначения:* 1 – сосновые леса; 2 – еловые леса; 3 – заболоченные участки; 4 – пойменные луга.

лесопользования свыше 80 % лесной территории подзоны южной тайги к настоящему времени пройдены выборочными и сплошными рубками, которые привели к различным нарушениям растительного покрова естественных ландшафтов. Поэтому для камерального выделения исходных контуров коренных хвойных лесов в антропогенно нарушенных ландшафтах автором была разработана специальная методика реконструкции их типов местообитания [12]. При учете полного комплекса предложенных в данной методике критериев можно с высокой достоверностью реконструировать типы местообитаний коренных сосняков и ельников на конкретном участке лесной территории.

Проведя реконструкцию типов местообитаний, во всех лесхозах ооконтурили массивы местообитаний сосновых и еловых лесов, а также безлесных заболоченных участков и пойм рек и преобразовали ее в цифровой формат (рис. 2) с последующим расчетом их площади.

На третьем этапе работы для выявления приуроченности местообитаний сосняков и ельников к различным типам ландшафтов и почвообразующих пород использовали метод закладки учетных площадок. Всю территорию подзоны южной тайги в программе ArcView разбили на 30000 ячеек размером 500×500 м. Для каждой ячейки по тематическим слоям определяли тип ландшафта, почвообразующую породу, подтип почвы, тип местообитаний коренных сосновых и еловых лесов и состав насаждений согласно материалам последних лесоустройств. Однако для получения корректных результатов данные ячеек, грани которых касались любых границ (между ландшафтами либо почвообразующими породами, подтипами почв или между типами местообитаний лесов), при перечете не учитывались. Поэтому в итоговые таблицы вошли данные 20160 ячеек (5040 км², или 67 % общей площади подзоны), располагающиеся в центральных частях ландшафтных контуров.

Результаты и обсуждение

Ретроспективный анализ распределения типов местообитаний на территории подзоны южной тайги показал, что до начала хозяйственного освоения в XVIII в. площадь местообитаний еловых лесов достигала 6163.4 км² (82.2 % общей площади под-

зоны), сосновых лесов – 1225.7 км² (16.4 %). На 18 км² (0.2 %) здесь были распространены болота и 87.8 км² (1.2 %) занимали пойменные земли с преобладанием луговой растительности. Однако длительная лесозаготовка привела к широкомасштабной смене коренных хвойных типов леса производными березовыми и осиновыми насаждениями. Так, согласно лесоустроительным материалам на 2000 г., ельники произрастают на площади только 1574.6 км² (21.0 %), сосняки – 644.9 км² (8.6 %), зато 2057.7 км² (27.5 %) занимают в настоящее время березняки, 2994.0 км² (39.9 %) – осинники. Остальные 117.9 км² (1.6 %) бывших лесных земель находятся сейчас под населенными пунктами, сельскохозяйственными угодьями и дорогами.

Анализ динамики антропогенных сукцессий лесного покрова по одному из основных ландшафтообразующих признаков – почвообразующим породам – выявил следующие закономерности. На мощной толще флювиогляциальных песчаных пород абсолютно доминируют сосновые насаждения (84 % площади), массивы которых пересекаются узкими приручейными ельниками. Это связано с биологическими и экологическими свойствами сосны, которая, в сравнении с другими древесными породами, может успешно расти на хорошо дренируемых (коэффициент фильтрации (K_ф) равен 1-10 м/сут. [14]) и бедных песках, поэтому удерживает свои позиции, и смена пород практически не происходит. Однако при уменьшении толщи песков и появлении на глубине менее 1 метра моренных суглинков ель составляет сосне сильную конкуренцию и доля местообитаний сосновых лесов уменьшается до 32 %. Увеличение влажности корнеобитаемого слоя за счет водоупорного горизонта приводит к повышению конкурентоспособности за жизненное пространство лиственных деревьев, поэтому на двучленных породах (пески на суглинках) до 38 % местообитаний сосновых лесов после проведения рубок зарастают березняками и осинниками. И в дальнейшем процесс смены сосняков лиственными насаждениями усиливается при повышении плодородия и влажности верхнего метрового слоя: на супесях, подстилаемых суглинками, они захватывают 80 % местообитаний сосновых лесов, на суглинках – до 90 %.

Коренные ельники на территории лесхоза приурочены к более увлажненным из-за наличия водупорных почвенных горизонтов участкам и доминируют на средних и тяжелых суглинках. Кроме этого, на пространственную структуру таежного покрова оказывает большое воздействие пирогенный фактор. Частота прохождения низовых пожаров на более увлажненных лесных участках существенно ниже, чем по сухим местообитаниям, и ель удерживает за собой эти лесные территории длительный период. Поэтому площадь местообитаний еловых лесов увеличивается с возрастанием влажности верхнего метрового горизонта: от 80 % – на супесях, подстилаемых суглинками, до 100 % – на моренных суглинках. Смена пород после проведения сплошных рубок в еловых местообитаниях активно происходит во всех типах почвообразующих пород, однако с повышением их плотности от супесей до тяжелых моренных суглинков площадь березняков и осинников на еловых вырубках увеличивается от 90 до 100 %.

На формирование естественной структуры лесного покрова конкретной территории влияет множество природных факторов: климатические условия, рельеф, состав четвертичных отложений, степень дренированности территории и механический состав почвообразующих пород, на основе классификационных признаков которых происходит выделение ландшафтных контуров. Поэтому проведенный нами на комплексной ландшафтной основе анализ пространственной структуры лесного покрова подзоны южной тайги выявил определенные закономерности распределения типов местообитаний и направленность антропогенных сукцессий в различных типах ландшафтов.

Преобладание местообитаний сосновых лесов проявляется только в ландшафте водно-ледниковых террасированных равнин, сложенных толщей песчаных пород (до 55 % площади ландшафта). Их высокая водопроницаемость приводит к быстрому иссушению верхних горизонтов почвы в летний период и, соответственно, прохождению частых лесных пожаров, которые являются естественным, климатически обусловленным фактором, определяющим пространственную структуру таежных ландшафтов.

Исследования А.Н. Громцева [10] показали, что в среднетаежных ландшафтах Карелии беглые низовые пожары на сухих песчаных почвах случались один-два раза за столетие. Благодаря такой специфике пожарного режима в данном ландшафте сосна, как древесная порода, более адаптированная к пирогенному воздействию, удерживает свои позиции на большей части ее территории.

Несмотря на многолетнее интенсивное лесопользование на территории приречных террасированных равнин, сформировавшаяся в голоцене в данном типе ландшафта пространственная структура распределения местообитаний хвойных лесов сохранила свое положение, т.е. здесь практически не произошло смены пород – лиственные насаждения занимают 8.3 % площади ландшафта. В основном это связано с тем, что до 1960-х годов после проведения сплошной рубки в сосняках порубочные остатки на вырубках полностью сжигали [19], что в определенной степени имитировало естественный пирогенный режим для данной территории и привело к восстановлению сосны на паловых участках.

Уменьшение доли площадей, занятых местообитаниями сосновых лесов, в ландшафте водно-ледниковых средне дренированных ($K_{\phi} = 0.5-0.9 \text{ м сут}^{-1}$) слабоволнистых равнин связано с образованием четвертичных отложений на данной территории, в ходе которого песчаные породы озерного и озерно-ледникового происхождения перекрыли моренные суглинки московского оледенения. Наличие нижнего водупорного суглинистого горизонта уменьшило степень дренированности территории, о чем свидетельствует наличие большой доли (до 35 % площади) участков с торфяно- и торфянисто-подзолисто-глебоватыми иллювиально-гумусовыми типами почв. В результате в данном типе ландшафта уменьшается частота пожаров естественного происхождения и сосна уступает свои позиции ели, которая доминирует на 58 % площади ландшафта.

Улучшение лесорастительных условий за счет повышения плодородия почвы и большей увлажненности корнеобитаемого горизонта привело в данном типе ландшафта к более интенсивной смене пород как на сосновых, так и на еловых вырубках. Формирование лиственных насаждений происходит

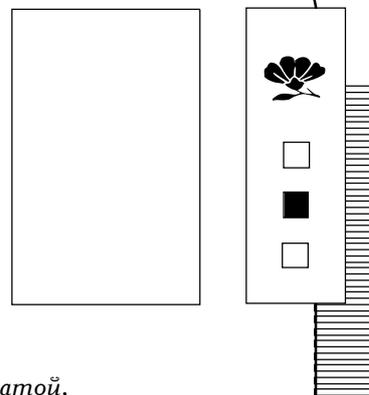
НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Весь коллектив сотрудников Института биологии сердечно поздравляет **Зинаиду Васильевну Ширяеву** с юбилеем!

18 мая 2007 г. исполнилось ровно 30 лет с тех пор, как Зинаида Васильевна переступила порог Коми филиала АН СССР, а ныне – Коми научного центра Уро РАН, и на долгие годы связала с ним свою жизнь и судьбу. И уже 12 лет как Зиночка – сотрудник Института биологии. Замечательный чертежник, картограф, золотые руки которого высоко оценили и почвоведы, и радиоэкологи, и геоботаники, и физиологи растений, и зоологи.

*Милый, добрый, отзывчивый человек!
От всей души поздравляем Вас со знаменательной датой,
желаем Вам и Вашим близким здоровья, радости, удачи!*

Коллеги-почвоведы



на 44 % площади местообитаний сосновых лесов и на 98 % – местообитаний еловых лесов.

Последующее уменьшение степени дренированности ($K_{\phi} = 0.03-0.2$ м сут.⁻¹) территории в пределах ландшафта моренных волнистых равнин в связи с увеличением плотности механического состава слагающих его почвообразующих пород (моренные и покровные пылеватые суглинки и супеси на суглинках) привело к дальнейшему сокращению до 18 % площади сосновых местообитаний. Можно выделить две причины доминирования здесь местообитаний еловых лесов: 1) уменьшение частоты лесных пожаров вследствие повышенного увлажнения территории; 2) лучший рост ели на средних и тяжелых суглинках благодаря поверхностной корневой системе.

Несмотря на то, что лесохозяйственное освоение коренных лесов в данном типе ландшафта вследствие его большей отдаленности от населенных пунктов началось только с 1950-х годов, 85 % его площади уже пройдено сплошными рубками. Формирование листовенных насаждений происходит на 70 % площади местообитаний сосновых лесов и на 98 % – местообитаний еловых лесов. Вместе с тем, на 18 % площади ландшафта моренных слабо дренированных равнин сохранились коренные еловые леса, представленные в основном экономически невыгодными для лесозаготовки низкопроизводительными ельниками долгомошной группы типов леса.

Ландшафты денудационно-тектонических возвышенностей Северных Увалов имеют длительную геологическую историю, которая началась с дислокации пермско-триасовых слоев, проявившихся в образовании пологих складок и создании основных понижений и повышенных рельефа на данной территории [6]. В антропогене, во время рисского оледенения, по Северным Увалам проходила граница ледникового покрова, и после его отступления на них остались конечные морены (валунные суглинки и карбонатные породы), маркирующие бывшее положение края ледника [1]. Поэтому в настоящее время на этих слабо дренированных ($K_{\phi} = 0.03-0.2$ м сут.⁻¹) водораздельных холмистых возвышенностях с тяжелыми почвообразующими породами сформировалась темнохвойная тайга с абсолютным доминированием ели (до 91 % площади). Несмотря на сложный рельеф из-за значительного эрозионного расчленения речными долинами склонов увалов, преобладание переувлажненных подзолистых и торфянисто-подзолисто-глееватых почв и отдаленность от населенных пунктов, в настоящее время до 85 % территории данного типа ландшафта пройдено различными видами рубок. На 98 % площади вырубок на месте ельников произошло активное формирование березовых и осинового насаждений. Важно также отметить, что во всех типах ландшафтов, где произошла смена ели березой и осиной, под листовенным пологом идет активное накопление елового подростка и тонкомера, поэтому на большей части местообитаний еловых лесов в ходе естественной сукцессии ель сможет вернуть свое господство.

Выводы

1. За период активного хозяйственного освоения лесопокрытая площадь подзоны южной тайги уменьшилась на 117.9 км², а ее лесистость – с 98.6 до 97 %.

2. Местообитания сосновых лесов преобладают на флювиогляциальных песчаных породах, на двучленных почвообразующих породах (пески и супеси на суглинках) их площадь резко уменьшается и они почти отсутствуют на моренных и покровных пылеватых суглинках.

3. Оптимальные для роста сосны лесорастительные условия ландшафта водно-ледниковых террасированных равнин и ландшафта водно-ледниковых слабоволнистых равнин (хорошая дренированность территории, легкие почвообразующие породы, бедные почвы, частые лесные пожары) позволяют ей успешно конкурировать на сплошных вырубках с листовенными породами, поэтому активной смены пород в данных ландшафтах не происходит.

4. В ландшафте моренных слабо дренированных волнистых равнин и ландшафте денудационно-тектонических слабо дренированных холмистых возвышенностей Северных Увалов, имеющих повышенную плотность механического состава почвообразующих пород, плодородие почвы и степень увлажнения территории, послерубочная смена хвойных пород листовенными происходит на 70 % площади сосновых и 95 % площади еловых вырубок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреева А.Н.* Основные морены европейского северо-востока России и их литографическое значение. СПб.: Наука, 1992. 122 с.
2. Атлас Республики Коми. М.: ГУГК, 1964. 112 с.
3. Атлас Республики Коми. М., 2001. 552 с.
4. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. М., 1997. 116 с.
5. *Беручаивили Н.Л., Жучкова В.К.* Методы комплексных физико-географических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1997. 320 с.
6. *Варсановьева В.А.* Геоморфология // Производительные силы Коми АССР. М.: Изд-во АН СССР, 1953. Т. I. С. 257-322.
7. *Видина А.А.* О диагностических признаках ландшафта и его морфологических частей // Ландшафтный сборник. М.: Изд-во МГУ, 1970. 423 с.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Карта четвертичных образований. Листы Р-38, 39 «Сыктывкар», О-38, 39 «Киров». СПб., 1998.
9. *Громцев А.Н.* Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных сосновых лесов Карелии. Петрозаводск, 1993. 160 с.
10. *Громцев А.Н.* Ландшафтная экология таежных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск, 2000. 144 с.
11. *Заугольнова Л.Б., Морозова О.В.* Распространение и классификация бореальных лесов // Восточно-европейские леса. М.: Наука, 2004. С. 295-330.
12. *Ильчуков С.В.* Создание ландшафтной карты Прилузского лесхоза: методы, критерии, апробация. Сыктывкар, 2005. 34 с. – (Сер. Науч. рекомендации – народному хозяйству / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 122).

13. *Исаченко А.Г.* Прикладное ландшафтоведение. Л.: Наука, 1976. Ч. 1. 151 с.

14. *Кайрукитис Л.А.* Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. М., 1969. 208 с.

15. *Калиниченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А.* Лесовосстановление на вырубках. М., 1991. 382 с.

16. *Козубов Г.М.* История лесного покрова европейского Северо-Востока // Леса Республики Коми. М., 1999. С. 61-70.

17. *Колданов В.Я.* Смена пород и лесовосстановление. М., 1966. 171 с.

18. *Львов П.Н., Илатов Л.Ф., Плохов А.А.* Лесообразовательные процессы и их регулирование на европейском Севере. М., 1980. 113 с.

19. *Мелехов И.С.* Рубки главного пользования. М., 1962. 329 с.

20. *Мелехов И.С.* Лесная типология. М., 1976. 73 с.

21. Почвенно-геологические условия Нечерноземья. М.: Изд-во МГУ, 1984. 608 с. ❖

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЕЛОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В ЗОНЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ОАО Монди бизнес пейпа Сыктывкарский лесопромышленный комплекс (МБП СЛПК) является крупнейшим предприятием целлюлозно-бумажного производства в европейской части России. Вместе с тем, МБП СЛПК является также и крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушный бассейн разнообразных веществ-загрязнителей. В настоящее время существует несколько подходов к оценке состояния лесов. Наибольшее распространение на региональном и локальном уровнях получил разработанный IUFRO метод мониторинга лесов ICP-Forests [12]. Для оценки состояния окружающей среды, и в частности лесных экосистем, лучших индикаторов, чем сами лесные породы, не существует [11]. К настоящему времени опубликовано значительное количество работ, содержащих списки древесных и кустарничковых растений, ранжированных по степени устойчивости к приоритетным загрязняющим веществам [3-5, 9, 10]. Отмечается высокая чувствительность сосны обыкновенной по сравнению с другими видами древесных растений практически во всех исследуемых регионах. Устойчивость одних лесообразующих пород относительно других определяется довольно широким спектром их биологических и экологических свойств по отношению к многим внешним факторам и имеет зональную специфику. Исследования показали, что по устойчивости к аэротехногенному воздействию лесообразующие породы образуют следующий ряд (в сторону ослабления устойчивости): в регионе Среднего Урала – береза, лиственница, ель, сосна; в регионе севера Средней Сибири – ель, береза, лиственница [7]. В условиях воздушного загрязнения целлюлозно-бумажным производством такие исследования не проводились. Цель данной работы состояла в сравнительной оцен-



к.б.н. **Е. Робакидзе**
н.с. отдела
лесобиологических проблем Севера
E-mail: robakidze@ib.komisc.ru
тел. (8212) 42 50 03



к.б.н. **Н. Торлопова**
н.с. этого же отдела



д.б.н., проф. **К. Бобкова**
гл.н.с. этого же отдела

Научные интересы:
*экология древесных растений,
аэротехногенное загрязнение,
биологическая индикация, мониторинг*

ке состояния древесных растений еловых фитоценозов в условиях загрязнения воздушными выбросами целлюлозно-бумажного производства.

Для оценки действия выбросов комбината на леса на разном расстоянии от источника эмиссии загрязня-

ющих веществ нами заложены постоянные пробные площади (ППП) в ельниках черничных, расположенных к северо-востоку от источника загрязнения на расстоянии до 50 км в направлении доминирующей составляющей региональной розы ветров (см. таблицу). Подбор и закладку экспериментальных участков, а также обработку полученных материалов проводили по общепринятым методам.

Ельники черничного ряда (*Piceetum myrtillosum*) произрастают на типичных подзолистых суглинистых почвах. ДревоСТОИ спелые, невысокой продуктивности, разновысотные, но ярусность не выражена. Древесный ярус образует в основном ель сибирская (*Picea obovata*). В составе древоСТОЕВ часто присутствуют сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и береза повислая (*Betula pendula*), реже – осина (*Populus tremula*) и пихта сибирская (*Abies sibirica*). Нами были проведены исследования экологической структуры древоСТОЕВ. Каждому дереву присваивали интегральный класс повреждения [12]:

– 0 класс – здоровое дерево, не имеет внешних признаков повреждения кроны и ствола, любые повреждения хвои <10 % по отношению ко всей массе ассимиляционного аппарата не сказываются на состоянии дерева;

– I класс – слабо поврежденное дерево (повреждение по одному или сумме всех признаков составляет 11-25 %);

– II класс – средне поврежденное дерево (26-60 % повреждений);

– III класс – сильно поврежденное (отмирающее) дерево (61-99 % повреждений);

– IV класс – отмершее дерево (100 % повреждений).

Оценку жизненного состояния древоСТОЕВ проводили с помощью индекса среднего взвешенного класса повреждения составляющих древоСТОИ деревьев [1]:

$$I = \frac{\sum_{i=0}^4 i \cdot w_i}{W}$$

где I – индекс жизненного состояния древостоя, баллы; i – номера классов повреждения деревьев, баллы от 0 до 4; w – статистический вес деревьев i-го класса повреждения; W – сумма статистических весов.

По величине индекса состояния древостои классифицировали на здоровые (индекс 0-0.5), ослабленные (0.6-1.5), сильно ослабленные (1.6-2.5), отмирающие (2.6-3.5) и сухостой (индекс >3.6). Для оценки степени дефолиации и дехромации хвои применяли следующую единую шкалу – доля потери хвои, дехромации кроны (класс): <10 (0), 11-25 (1), 26-60 (3), 61-99 (3) и 100 % (4).

Анализ состояния деревьев на контрольных участках показал, что насаждения состоят в основном из здоровых деревьев ели и сосны (рис. 1). Вместе с тем, здоровых елей меньше, чем сосен в среднем на 20 %. Количество елей 1- и 2-го класса повреждения больше, чем сосен. Доля отмирающих и отмерших деревьев ели и сосны примерно одинакова. Число здоровых берез составляет в среднем 18 %. Основная часть берез приходится на деревья 1- и 2-го класса повреждения и составляет соответственно 55 и 21 % общего количества. На загрязненной территории здоровых деревьев ели и сосны меньше, чем в насаждениях фонового района. Здоровые ели составляют в среднем 42, сосны – 67 %. На долю берез 0-го класса приходится 30 % их общего количества. В насаждениях доля слабо поврежденных елей составляет 37, и сосен – 26, берез – 53 %. Средне и сильно поврежденных сосен отмечается всего 4 и 3 % соответственно. На долю елей и берез 2-го класса повреждения приходится в среднем 16 %. Следует отме-

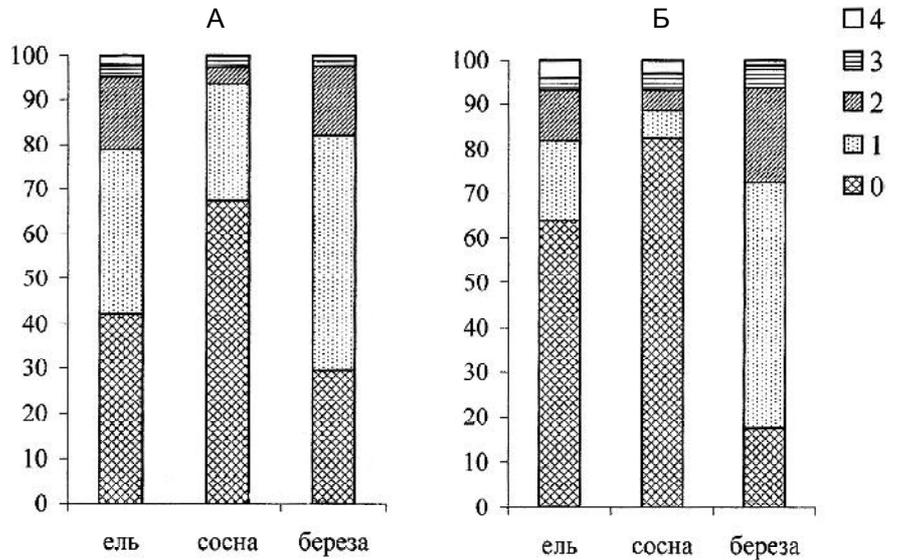


Рис. 1. Распределение деревьев (% общего количества) по классам повреждения (здесь и далее – 0-4) в ельниках черничных типов на загрязненной (А) и фоновой (Б) территории.

тить, что во всех исследуемых древостоях на фоновой и загрязненной территории меньше всего повреждается сосна, более же уязвимой являются береза и ель. По индексу поврежденности древостои исследуемых насаждений (рис. 2) характеризуются как ослабленные ($i_{cp} = 0.87$). Только древостой на ППП 38, расположенной в фоновом районе, характеризуется как здоровый.

Оценка состояния древесных пород также осуществлялась по таким показателям, как дефолиация и дехромация. Естественно, первый показатель является более отдаленным во времени итогом воздействия неблагоприятных факторов. Он представляет собой многолетний суммарный итог негативного воздействия. Следует отметить, что оценка устойчивости растений по степени дефолиации более объективна. В то же время дехромация характеризует состояние текущего вегетационного периода и может

использоваться для оперативной оценки экологической структуры за более короткий период времени [2, 6, 8]. Анализ дефолиации кроны деревьев на фоновых участках выявил, что насаждения состоят в основном из деревьев ели и сосны 0-го класса: в среднем 77 и 88 % соответственно (рис. 3а). Здоровых елей по данному показателю также меньше, чем сосен, на 11 %. Количество елей с 11-25 % -ной потерей хвои больше, чем сосен, в два раза. Количество елей и сосен 2-го класса повреждения примерно одинаково – 3-4 %. Деревья с потерей хвои от 61 до 100 % практически отсутствуют.

В фитоценозах на загрязненной территории здоровых деревьев ели и сосны по признаку дефолиации в среднем на 30 и 40 % соответственно меньше, чем в насаждениях контрольных участков. Основную часть древостоя представляют деревья 1-го класса повреждения: елей – 53, со-

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев в ельниках черничных на постоянных пробных площадях (ППП) в зоне действия выбросов лесопромышленного комплекса (МБП СЛПК) и фоновом районе

Номер ППП (расстояние от МБП СЛПК, км)	Состав древостоя	Возраст, лет	Средняя величина параметра		Количество деревьев, шт./га	Общий запас стволовой древесины, м ³ /га	Класс бонитета	Сумма площадей сечений, м ² /га
			высота, м	диаметр, см				
Зона действия в выбросов МБП СЛПК								
37 (3.5)	6Е2Б2С	97-187	15.0	15.0	1838	320	V	22.4
33 (4.3)	9Е1Б+Пх	105-235	15.5	19.0	1666	303	V	36.7
35 (5.3)	6Е2Б2С	85-155	14.1	15.0	1933	289	V	21.0
36 (10.0)	6Е2С1Б1Ос	77-127	15.2	16.0	1733	365	IV	24.7
Фоновый район								
4 (50.0)	3Е3С3Ос1Б	77-97	16.3	16.5	1196	372	IV	12.0
38 (50.0)	7Е3Б+С,Пх	95-175	18.3	22.0	891	311	IV	22.0

сен – 55 %. Средне поврежденные ели составляют 16, а сосны – 5 %. По такому показателю, как дефолиация, наименее чувствительной также является сосна.

Обследование нами жизненного состояния по степени дехромации хвои ели и сосны показало, что на пробных площадях фонового района преобладают здоровые деревья и составляют от общего количества в среднем 93 и 88 % (рис. 3б). Количество деревьев с долей пожелтевшей хвои в кроне 10-25 % (1-й класс повреждения) сравнительно немного: елей – 8 и сосен – 12 %. Единично присутствуют сосны с долей пожелтевшей хвои 25-60 % (2-й класс повреждения). Деревья 3-го и 4-го классов повреждения по данному показателю отсутствуют. На участках, расположенных в зоне

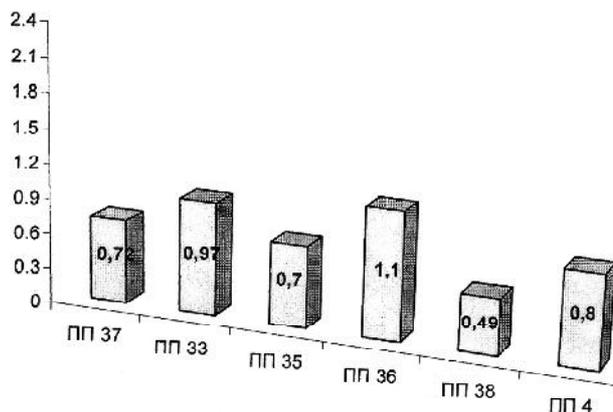


Рис. 2. Индекс поврежденности ельников черничных на постоянных пробных площадях (ПП).

действия МПБ СЛПК, здоровых деревьев ели и сосны несколько меньше, чем на контрольных. Они составляют соответственно в среднем 79 и 76 % общего количества. На деревья 1-го класса повреждения (доля пожелтевшей хвои 10-25 %) приходится в сред-

нем 22 %. Отмечается всего 1 % елей 2-го класса повреждения по данному показателю. Деревья 3-го и 4-го классов повреждения так же, как и на фоновой территории, отсутствуют. Следует отметить, что по такому показателю, как дехромация, реакция на загрязнение у ели и сосны примерно одинаковая.

Распределение деревьев по классам повреждения по показателю количества сухих ветвей показало, что в ельниках черничных, произрастающих на фоновой территории, основу насаждений составляют деревья 0-го класса повреждения (сухих ветвей в кроне <10 %): елей в среднем 73, сосен – 87 % (рис. 4). На долю сосны и ели 1-го класса повреждения (сухих ветвей 10-25 %) приходится соответственно 9 и 21 % общего количества. Деревья 2-го класса повреждения (25-60 % сухих ветвей) составляют 6 % у ели и 4 – у сосны. На территории, подверженной влиянию поллютантов, здоровых деревьев ели по количеству сухих ветвей значительно меньше (39 %), чем на контрольных насаждениях. Вместе с тем, не поврежденной сосны отмечено 80 %. Выявлено, что значительную часть древостоев опытных участков составляют деревья ели 1-го класса повреждения. Средне поврежденных елей (25-60 % сухих ветвей) отмечается 13, сосен – 5 % общего количества. По такому показателю, как наличие сухих ветвей в кроне, наиболее чувствительной является ель. Обследование на суховершинность всех живых деревьев на контрольных участках выявило, что ели и сосны с живой верхушечной почкой составляют основу насаждений и составляют в среднем 91 и 93 % общего количества (рис. 5). Доля сосны и ели среди деревьев с усыхающей и поврежденной вершиной составляет соответственно 7 и 8 %. В ельниках черничных, растущих в зоне действия выбросов МПБ СЛПК, количество деревьев ели с неповрежденной вершиной уменьшилось и составило 83 %, а число здоровых сосен осталось практически неизменным. Отсутствуют сосны с усыхающей и поврежденной вершиной.

Таким образом, в результате влияния азротехногенного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства происходит повреждение деревьев, составляющих древостой. Используемые нами индикацион-

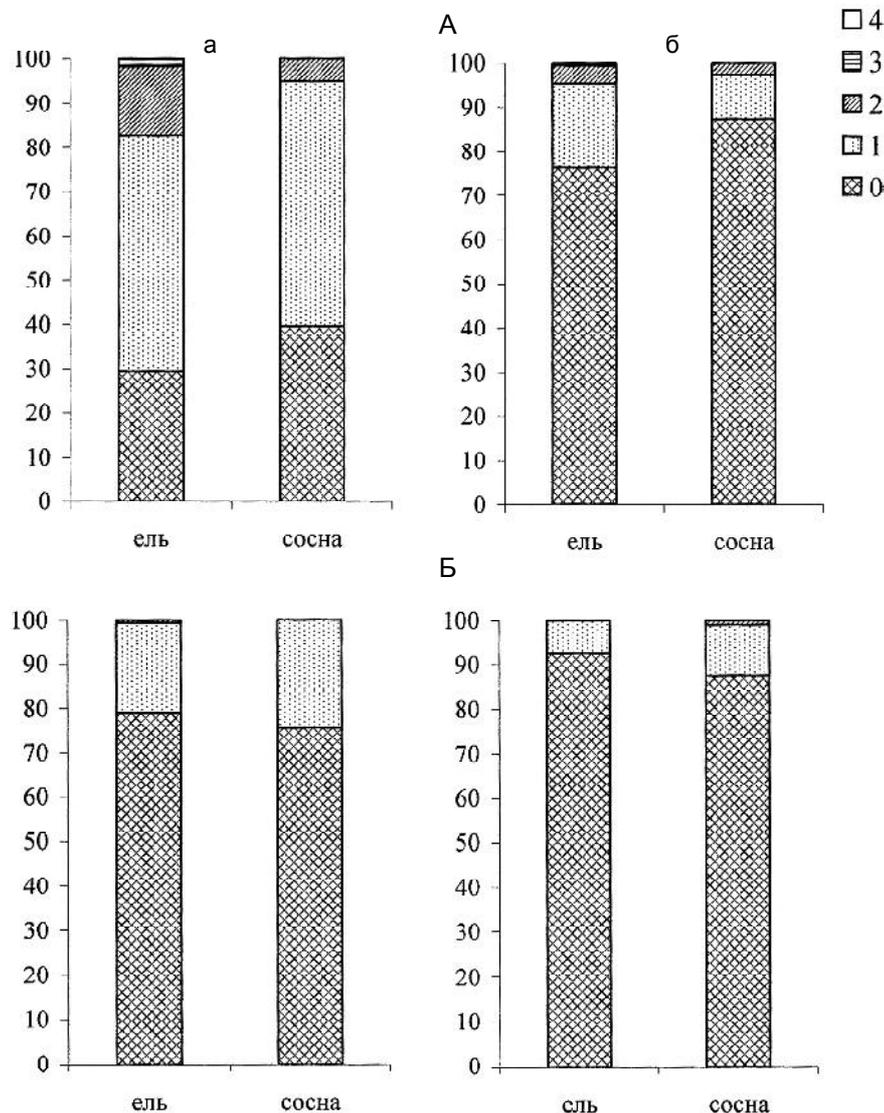


Рис. 3. Средневзвешенный класс дефолиации (А) и дехромации (Б) хвои крон деревьев (% общего количества) в ельниках на загрязненной (а) и фоновой (б) территориях.

ные признаки для выявления действия загрязнения на состояние древесных растений показали, что береза и ель более уязвимы, чем сосна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем. СПб., 1997. 116 с.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 348 с.
3. Влияние загрязнений воздуха на растительность. М., 1981. 184 с.
4. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. Киев: Наукова думка, 1971. 146 с.
5. Илькун Г.М. Загрязнение атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. 249 с.
6. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А. Алексеев и др. Л.: Наука, 1990. С. 38-53.
7. Менщиков С.Л. Закономерности трансформации предтундровых и таежных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения и пути снижения наносимого ущерба: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Екатеринбург, 2004. 43 с.
8. Методические указания по оценке жизненного состояния сосны, ели и березы. Каунас, 1987. 32 с.
9. Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. М., 1989. 239 с.
10. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на европейском Севере. СПб., 1997. 210 с.
11. Kenneweg H. Monitoring forest damage. Influences of forest damage on forestry and timbertrade // Waldokosysteme/Waldserben: Proc. Conf. LIGNA. 3. Berichte des Forschungszentr. Hannover, 1985. P. 38-63.
12. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest. Hamburg-Prague, 1994. 177 p. ❖

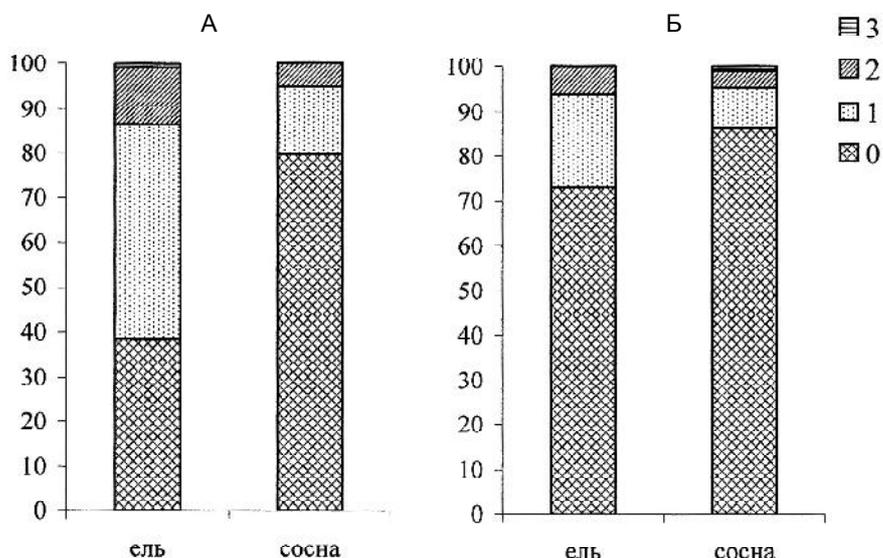


Рис. 4. Распределение деревьев (% общего количества) по классам повреждения в зависимости от количества сухих ветвей в кроне в ельниках на загрязненной (А) и фоновой (Б) территории.

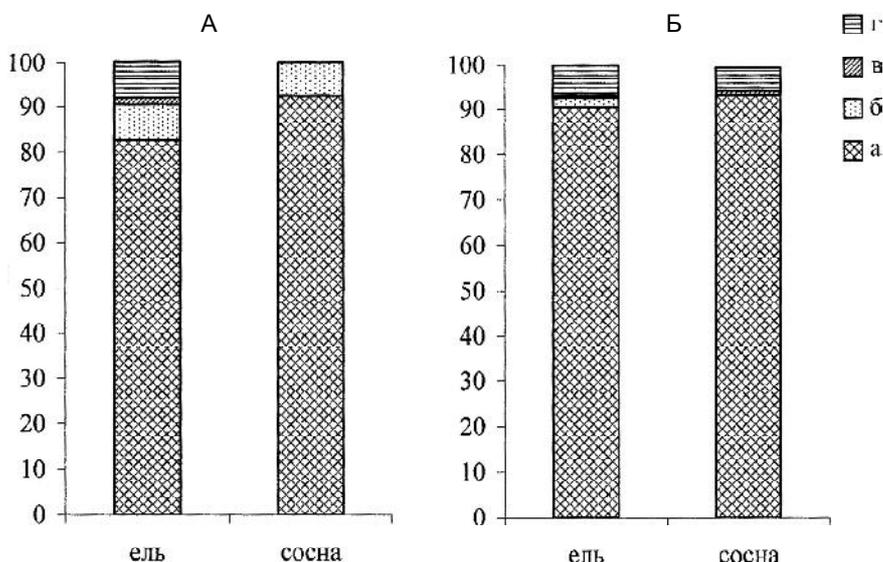
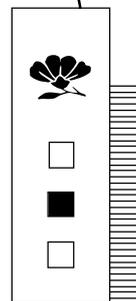


Рис. 5. Распределение деревьев (% общего количества) со здоровой (а), сломанной (б), усыхающей (в) и поврежденной (г) вершинами по классам повреждения в зависимости от состояния вершины в ельниках на загрязненной (А) и фоновой (Б) территории.

ЮБИЛЕЙ

27 мая 2007 г. исполнилось 60 лет **Любови Павловне Георгиевой**. Без малого 15 лет Любовь Павловна проработала в Институте биологии, выполняя химические анализы почв и растений. За эти годы она освоила многие методы количественного химического анализа почв и стала незаменимым химиком-аналитиком отдела почвоведения. Определение кислотно-основных свойств почв, фракционного состава гумуса и фосфора, различных форм калия, помощь в проведении полевых почвенных исследований — это только малая толика того вклада, который внесла своим кропотливым трудом Любовь Павловна в изучение почв и почвенного покрова Республики Коми!



Дорогая Любовь Павловна! От всей души поздравляем Вас со знаменательной датой, желаем Вам здоровья, счастья, благополучия!

Сотрудники отдела почвоведения



**РАЗМЕР ПОЛУСИБСОВОЙ СЕМЬИ
ПРИ ИСПЫТАНИИ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ПО ПОТОМСТВУ**

А. Туркин, заместитель директора
Сыктывкарского лесхоза

к.с.-х.н. **А. Федорков**
с.н.с. отдела лесобиологических
проблем Севера
E-mail: fedorkov@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 50 03



Научные интересы: *лесная селекция*

Для повышения эффективности селекционных работ в лесном хозяйстве испытание плюсовых деревьев по потомству должно производиться с наименьшими затратами. В то же время испытательные культуры должны быть спланированы так, чтобы провести генетическую оценку с достаточной точностью. Одним из основных вопросов планирования испытаний является количество растений в делянке и количество повторностей (размер семьи плюсового дерева). Нерационально стремиться к большому числу наблюдений, если достаточно точный результат можно получить и при меньшем объеме выборки [3]. Известно, что точность полевого опыта повышается при использовании мелких делянок с увеличением числа повторностей [2].

Согласно «Указаниям по лесному семеноводству в Российской Федерации» (2000), размер делянки должен составлять не менее 100 растений, высаженных как минимум в трех повторностях (т.е. минимальный размер семьи должен быть не менее 300 растений). В литературе отмечается затратность этой методики и необходимость ее корректировки [6]. В Латвии испытательные культуры закладывают с представленностью 50-60 растений от каждой полусибсовой семьи [1]. При расчете размера выборки при закладке испытательных культур М.В. Рогозин [4] использовал методику А.П. Царева [8], и необходимый размер выборки составил 70 растений. Позднее, на основании статистических расчетов им было показано, что можно ограничиться 20-30 растениями в потомстве в пределах одного опыта при соблюдении необходимых условий эксперимента [5]. В Швеции и Финляндии использование однодеревных делянок при создании испытательных культур признано более эффективным, чем многодеревных, в связи с возможностью испытать больше семей с большим числом повторностей при одинаковых затратах и повышении точности опыта [9-11].

В Республике Коми за период с 1988 по 2005 г. было заложено 32.7 га испытательных культур, в которых испытываются по семенному потомству 598 плюсовых деревьев сосны. При их закладке использовались различные схемы опыта, в основном с использованием многодеревных (10-20 растений) делянок с различным числом повторностей. Размер семьи в большинстве случаев составлял 100-140

растений. За испытательными культурами ведутся постоянные наблюдения с измерением высот и определением сохранности. Подеревные данные высот в больших семьях позволяют рассчитать (смоделировать) семейные высоты при постепенном, фиксированном уменьшении размера семьи и статистически сравнить – насколько они отличаются между собой. Цель данного исследования – на основе фактических измерений высот полусибсовых потомств плюсовых деревьев сосны в испытательных культурах определить оптимальный размер семьи при создании испытательных культур.

В качестве объекта исследования были выбраны испытательные культуры плюсовых деревьев сосны в Сыктывкарском лесхозе Республики Коми, заложенные двухлетними сеянцами в 1997 г. Площадь культур 2.1 га. Схема посадки 5.0×0.5 м. В культурах высажено семенное потомство 61 плюсового дерева и 13 контрольных деревьев. Размер делянки – 20 растений, число повторностей от одной до 12. Измерение высот произведено по окончании вегетационного периода 2004 г. Для определения семейных высот при последовательном снижении размера семьи были выбраны случайным образом 15 семей, высаженных в пятикратной повторности, в которых к 2004 г. сохранилось не менее 75 растений. Данные были сгруппированы таким образом, что семейные высоты рассчитывались последовательно после рендомизированного исключения высот пяти деревьев. Для сравнения средних высот при различных размерах семьи рассчитывали коэффициент достоверности Стьюдента [3].

В результате получены наборы статистических параметров (см. таблицу) для 15 вариантов размеров семьи (от пяти до 75 растений). Данные показывают, что разница семейных высот при последовательном снижении размера семьи с 75 до 20 растений невысока (не превышает 10 %) и статистически недостоверна. Причем разница становится значимой при снижении размера семьи до 15 растений только в одной семье из 15. Величина ошибки семейных высот также возрастает, в основном, когда размер семьи становится меньше 20 (см. таблицу).

Таким образом, достаточно точные семейные оценки высот в испытательных культурах можно получать при размере семьи в 20-25 деревьев. Од-

Семейные средние высоты (M ± m) при различных размерах полусибсовых семей плюсовых деревьев, м

Номер плюс. дерева	Статистики	Размер семьи, шт														
		75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
817	M	1.38	1.38 ^{нд}	1.37 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.41 ^{нд}	1.42 ^{нд}	1.43 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.47 ^{нд}	1.47 ^{нд}	1.46 ^{нд}	1.48 ^{нд}	1.37 ^{нд}	1.33 ^{нд}
	m	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.11	0.12	0.18
813	M	1.67	1.66 ^{нд}	1.67 ^{нд}	1.67 ^{нд}	1.68 ^{нд}	1.69 ^{нд}	1.71 ^{нд}	1.73 ^{нд}	1.73 ^{нд}	1.74 ^{нд}	1.72 ^{нд}	1.70 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.69 ^{нд}	1.55 ^{нд}
	m	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.23
810	M	1.79	1.80 ^{нд}	1.79 ^{нд}	1.84 ^{нд}	1.85 ^{нд}	1.87 ^{нд}	1.87 ^{нд}	1.84 ^{нд}	1.82 ^{нд}	1.81 ^{нд}	1.74 ^{нд}	1.65 ^{нд}	1.58*	1.46**	1.43*
	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07	0.09	0.14
809	M	1.69	1.69 ^{нд}	1.67 ^{нд}	1.68 ^{нд}	1.66 ^{нд}	1.66 ^{нд}	1.66 ^{нд}	1.69 ^{нд}	1.68 ^{нд}	1.68 ^{нд}	1.63 ^{нд}	1.56 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.45 ^{нд}	1.36*
	m	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.13	0.12
795	M	1.66	1.65 ^{нд}	1.65 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.62 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.65 ^{нд}	1.66 ^{нд}	1.66 ^{нд}	1.65 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.63 ^{нд}	1.59 ^{нд}	1.54 ^{нд}	1.40*
	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	0.11
792	M	1.51	1.52 ^{нд}	1.54 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.53 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.54 ^{нд}	1.56 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.47 ^{нд}	1.44 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.43 ^{нд}	1.43 ^{нд}
	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.10	0.12
791	M	1.40	1.39 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.36 ^{нд}	1.36 ^{нд}	1.34 ^{нд}	1.33 ^{нд}	1.31 ^{нд}	1.31 ^{нд}	1.32 ^{нд}	1.31 ^{нд}	1.32 ^{нд}	1.29 ^{нд}
	m	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.14
786	M	1.62	1.62 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.67 ^{нд}	1.68 ^{нд}	1.69 ^{нд}	1.69 ^{нд}	1.69 ^{нд}	1.63 ^{нд}	1.59 ^{нд}	1.63 ^{нд}	1.58 ^{нд}	1.53 ^{нд}	1.43 ^{нд}	1.10***
	m	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.09
784	M	1.40	1.40 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.41 ^{нд}	1.41 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.37 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.46 ^{нд}	1.50 ^{нд}	1.38 ^{нд}
	m	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.12	0.12
782	M	1.53	1.51 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.48 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.47 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.48 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.51 ^{нд}	1.44 ^{нд}	1.34 ^{нд}	12.8 ^{нд}
	m	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.17
780	M	1.60	1.61 ^{нд}	1.61 ^{нд}	1.61 ^{нд}	1.62 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.63 ^{нд}	1.61 ^{нд}	1.62 ^{нд}	1.65 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.61 ^{нд}	1.64 ^{нд}	1.67 ^{нд}	1.58 ^{нд}
	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.12	0.20
773	M	1.44	1.44 ^{нд}	1.44 ^{нд}	1.44 ^{нд}	1.43 ^{нд}	1.42 ^{нд}	1.42 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.41 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.30 ^{нд}	1.27 ^{нд}
	m	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	2.6
771	M	1.56	1.55 ^{нд}	1.53 ^{нд}	1.51 ^{нд}	1.48 ^{нд}	1.48 ^{нд}	1.49 ^{нд}	1.52 ^{нд}	1.53 ^{нд}	1.56 ^{нд}	1.57 ^{нд}	1.59 ^{нд}	1.57 ^{нд}	1.51 ^{нд}	1.44 ^{нд}
	m	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.09	0.13
767	M	1.40	1.40 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.42 ^{нд}	1.38 ^{нд}	1.36 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.40 ^{нд}	1.39 ^{нд}	1.26*
	m	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	6.4	0.08	0.51
765	M	1.60	1.59 ^{нд}	1.58 ^{нд}	1.55 ^{нд}	1.53 ^{нд}	1.51 ^{нд}	1.50 ^{нд}	1.51 ^{нд}	1.56 ^{нд}	1.59 ^{нд}	1.65 ^{нд}	1.66 ^{нд}	1.68 ^{нд}	1.72 ^{нд}	1.64 ^{нд}
	m	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.09	0.12	0.24

* Разница между средними значениями статистически достоверна на 5 %-ном уровне значимости.
 ** Разница между средними значениями статистически достоверна на 1 %-ном уровне значимости.
 *** Разница между средними значениями статистически достоверна на 0.1 %-ном уровне значимости.
 нд – разница между средними значениями статистически недостоверна.

нако, с учетом отпада, происходящего в культурах, количество высаживаемых растений каждого варианта следует увеличить до 40-50. При использовании пятидеревных делянок число повторностей составит 8-10.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауманис И.И., Паэгле М.Г., Роне В.М. Изменчивость признаков сосны обыкновенной и методика оценки потомств // Генетические исследования древесных в Латвийской ССР. Рига, 1975. С. 25-33.
 2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
 3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
 4. Рогозин М.В. Ранняя диагностика быстроты роста сосны обыкновенной в культурах // Лесоведение, 1983. № 2. С. 66-72.
 5. Рогозин М.В. Отбор лучших потомств при сортоиспытаниях // Лесное хозяйство, 1991. № 6. С. 22-25.

6. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири / В.В. Тараканов, В.П. Демиденко, Я.Н. Ишутин и др. Новосибирск: Наука, 2001. 230 с.
 7. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М., 2000. 197 с.
 8. Царев А.П. Размер выборки при сортоиспытании лесных пород // Лесное хозяйство, 1977. № 3. С. 41-44.
 9. Naarinen M. Evaluation of options for use in efficient genetic field testing of *Pinus sylvestris* (L.). Vantaa, 2002. 144 p. – (Finnish Forest Research Institute; Res. Papers 826).
 10. Jansson G., Danell O., Stener, L.-G. Correspondence between single-tree and multiple-tree plot genetic test for production traits in *Pinus sylvestris* // Can. J. For. Res., 1998. № 28 (3). P. 450-458.
 11. Mikola J. Progeny testing in conifers // Progeny testing and breeding strategies: Proc. Meeting with the Nordic Group for Tree Breeding. Ediburg, 1993. P. 1-17.

БОЛОТНЫЕ ЗАКАЗНИКИ БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ ПЕЧОРЫ



К.Г.Н. **Р. Алексеева**
 с.н.с. отдела лесобиологических
 проблем Севера
 E-mail: alekseeva.rn@ib.komisc.ru
 тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: *растительность и
 стратиграфия торфяных залежей раз-
 личных типов болот, охрана болотных
 ландшафтов*



Н. Гончарова
 м.н.с. этого же отдела
 E-mail: goncharova@ib.komisc.ru
 тел.: (8212) 24 50 03

Научные интересы: *флора болот,
 охрана болотных ландшафтов*

Особо охраняемые природные территории Республики Коми включают в себя 113 болотных объектов: эталонных, соответствующих различным природным подзонам, а также клюквенных и моршковых [2]. Сохранение эталонных и клюквенных болот благоприятствует здесь также сохранению и поддержанию биологического разнообразия в регионе. Характеристика охраняемых болот, расположенных в подзоне средней тайги, приводится (рис. 1) для территории Троицко-Печорского района Республики Коми (бассейн средней Печоры).

Наибольший научный интерес представляет заказник «Болото Мартюшевское» площадью 9285 га, которое является эталоном типичного олиготрофного выпуклого грядово-мочажинного болота средней тайги, одно из крупнейших в республике. Болотный заказник имеет международное значение и отвечает критериям Рамсарской конвенции о водно-болотных угодьях [1]. Заказник расположен на водоразделе рек Печора и Северная Мылва в 2 км на юго-восток от пос. Троицко-Печорск. Центральную часть болота (73 % всей площади) занимает грядово-мочажинный комплекс [4]. Мочажины сильно обводнены и местами на их поверхности выступает вода. Соотношение площадей положительных и отрицательных форм микрорельефа различно. На окрайках болота преобладают положительные формы. Высота гряд равна 0.7-1.0 м. Их ширина изменяется от 3 до 8 м. Характерной особенностью растительности гряд является присутствие угнетенной *Pinus sylvestris*, средняя высота которой не превышает 2.0-2.5 м. Многие деревья сухостойны. В нижнем ярусе на грядах господствуют *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Rubus chamaemorus* и сфагновые мхи (*Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium*) с примесью

Mylia anomala. Лишайники представлены *Cladina rangiferina*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica*. В мочажинах произрастают *Scheuchzeria palustris* и сфагновые мхи (*Sphagnum balticum*, *S. majus*). По направлению к центру болота мочажины становятся топкими и непроходимыми, рост сосны уменьшается до 1.0-1.2 м. На грядах, кроме *Chamaedaphne calyculata* и сфагновых мхов, появляются *Betula nana*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, в мочажинах – *Eriophorum vaginatum*, *Carex limosa*. Местами эта растительность чередуется с группировками, для которой характерно преобладание *Menyanthes trifoliata* и сфагновых мхов: *Sphagnum jensenii*, *S. papillosum*. Значительные по площади окрайки болота заняты сосново-сфагновыми группировками (27 %). Высота сосны уве-

личивается здесь до 4-6 м, довольно обильны кустарнички: *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum*, *Andromeda polifolia*. Из травянистой растительности доминирует *Eriophorum vaginatum*. Сфагновый покров на грядах представлен *Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *S. fallax*, в мочажинах – *Sphagnum balticum*, *S. majus*. Микрорельеф кочковатый. Обводненность слабая, уровень болотной воды находится на глубине 15-20 см от поверхности понижений. Грядово-мочажинному комплексу соответствуют шейхцериево-сфагновая, занимающая до 50 % площади болота, и комплексная верховые залежи (рис. 2). Незначительную территорию Мартюшевского болота занимает сосново-пушицевая залежь, которая обычно развивается под сосново-сфагновой растительной группировкой и распространяется на окрайках болота. Кроме перечисленных видов залежей, встречаются также магелланикум-залежь и смешанная топяно-лесная. На Мартюшевском болоте произрастает 61 вид растений, среди которых встречаются редкие виды *Pinus sibirica*, *Rhynchospora alba*, внесенные в Красную книгу Республики Коми [3]. Из мохообразных распространены довольно редко *Sphagnum lindbergii*, *S. riparium*, обычно характерные для тундровых сообществ. Из птиц встречается серый журавль, являющийся также редким для республики видом. Мартюшевское болото – место многолетних научных исследований: здесь проводилось изучение растительности, стратиграфии, химических свойств торфа и химического состава болотных вод, водного режима (Коми научный центр УрО РАН), а также продуктивности моршки и устойчивости ее зарослей к антропогенному влиянию (ВНИИ охраны природы МСХ России).

Болото Хребет-Нюр (площадь 1318 га) – клюквенное и морш-

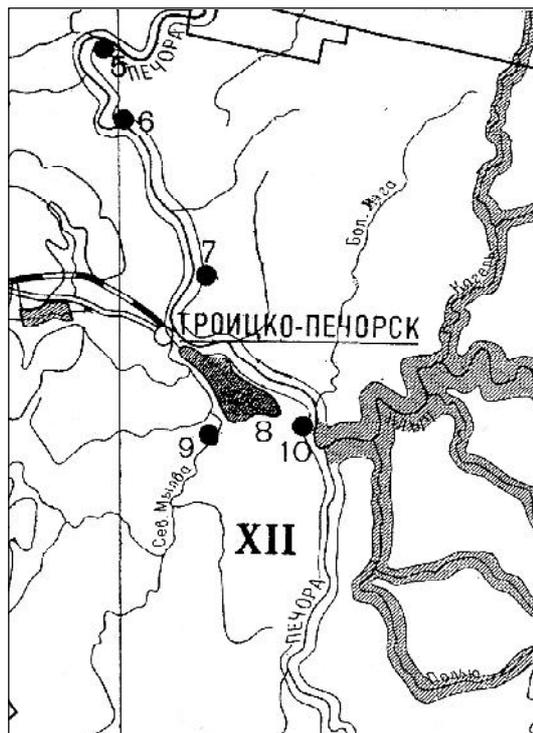


Рис. 1. Схема расположения болотных заказников на территории Троицко-Печорского района Республики Коми: 5 – Керэс-Нюр, 6 – Керэс-Нюр, 7 – Сисьель-Нюр, 8 – Мартюшевское, 9 – Нюмылга, 10 – Хребет-Нюр

ковое. Расположено на левом берегу р. Печора в 5 км на северо-запад от с. Усть-Илыч. Болото мезотрофное кустарничково-сфагновое. Оно сильно обводнено и плохо проходимо. Древесный ярус отсутствует. На окрайках болота имеются сухостойные деревья высотой 5.0-5.5 м. На преобладающей площади болота микрорельеф ровный с небольшими кочками, на которых произрастают *Betula nana*, *Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus palustris*, *Rubus chamaemorus* и сфагновые мхи (100 %). На ровных участках болота распространены шейхцериено-сфагновые сообщества. Здесь поверхность болота покрыта *Scheuchzeria palustris* (40 %), *Eriophorum vaginatum* (10 %), *Menyanthes trifoliata* (10 %) и сфагновыми мхами (100 %). В центральной части болота ровные участки микрорельефа переходят в слабо развитый грядово-мочажинный комплекс. Здесь также преобладает ровная поверхность болота. Она плохо проходима – вода находится на большей части на поверхности. Растительность в целом имеет прежний характер, за исключением некоторых изменений: на грядах (кочках), кроме указанных

выше видов, появляется *Andromeda polifolia*. В мочажинах попрежнему преобладает шейхцериа, увеличивается обилие пушицы (до 25 %) и вахты (до 20 %). Покрытие сфагновых мхов составляет 60 %. Под упомянутыми растительными сообществами преобладает переходная лесо-топяная залежь, мощность которой равна 2.50-2.75 м. Встречается также смешанная топяно-лесная залежь мощностью 3.50 м. На болоте Хребет-Нюр произрастают 34 вида растений, среди которых встречаются редкие виды: *Pinus sibirica*, *Rhynchospora alba*.

Болото Ньюылга (площадь 2141 га) – клюквенное. Заказник находится на водоразделе рек Северная Мылва и Ньюылга, в 18 км на юго-восток от пос. Троицко-Печорск. Болото Ньюылга – мезоолиготрофное сосново-кустарничково-сфагновое. Имеются участки с растительностью переходного и низинного типов (около 50 % западной части болотной системы). Болото довольно однородно, сильно обводнено и местами непроходимо. Оно облесено угнетенной сосной средней высотой 3.0-3.5 м и сомкнутостью 0.3-0.4. В западной части болота широко рас-

пространены древесно-осоковые сообщества низинного и переходного типов, занимающие ровные участки микрорельефа. В таких сообществах древесный ярус представлен *Betula pubescens* и *Pinus sylvestris*. Преобладает береза средней высотой 4-5 м, сомкнутостью 0.2-0.3. Из кустарников распространена *Salix* sp., покрытие которой на берегу озера достигает 70 %. Кустарничково-травяной покров образован *Betula nana*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Carex rostrata*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*. В моховом ярусе бриевые мхи составляют 15 %, остальные – сфагновые, представленные в основном *Sphagnum angustifolium*. Описываемые растительные сообщества подстилаются в основном топяно-лесной и многослойной топяно-лесной залежами, имеющими мощность более 4 м. Встречается также осоковая залежь мощностью 2 м. В древесно-сфагновых и древесно-осоковых сообществах переходного типа господствует сосна средней высотой 5 м и сомкнутостью 0.2-0.3. Много сухостойных деревьев. В кустарничково-травяном ярусе появляются *Chamae-*

ЮБИЛЕЙ

18 мая свой юбилей отметила главный экономист Института биологии **Ирина Владимировна Старкова.**

Ирина Владимировна пришла в наш институт осенью 1998 г. А началась ее трудовая деятельность более 30 лет назад, когда она после окончания Сыктывкарской средней школы № 12 была принята на работу в Коми филиал академии наук СССР. В 1974 г., успешно сдав вступительные экзамены, Ирина Владимировна поступила в Сыктывкарский государственный университет на самый престижный факультет – экономический! Серьезное отношение к учебе и незаурядные способности позволили ей блестяще закончить вуз и получить диплом с отличием. Куда бы судьба ни забрасывала Ирину Владимировну, полученные знания и приобретенный опыт всегда помогали ей на новом месте работы и в быстром продвижении по службе. Сотрудники Института не раз убеждались в высоком профессионализме И.В. Старковой. Любое дело, порученное ей, выполняется быстро, в срок и, самое главное, качественно! Ирина Владимировна готова в любую минуту без промедления прийти на помощь, поделиться своими профессиональными наработками. Кроме того, она обладает огромным личным обаянием и поэтому всегда поддерживает благоприятную атмосферу для работы, которая создана в бухгалтерии Института. Ирина Владимировна мудрая, очень энергичная сотрудница, отдающая всю себя нелегкому делу и обладающая исключительными человеческими качествами: требовательностью, принципиальностью, доброжелательностью и бескомпромиссным чувством долга.

Дорогая Ирина Владимировна!
Коллектив сотрудников Института биологии Коми НЦ УрО РАН
от всего сердца поздравляет Вас с юбилеем.

Желаем бодрости, успехов трудовых,
Хотим, чтоб не года росли, а счастье.
Хотим, чтоб радость спутницей была.
Хотим, чтоб солнца больше было, чем ненастья,
Чтоб жизнь была прекрасна и светла!

Коллеги



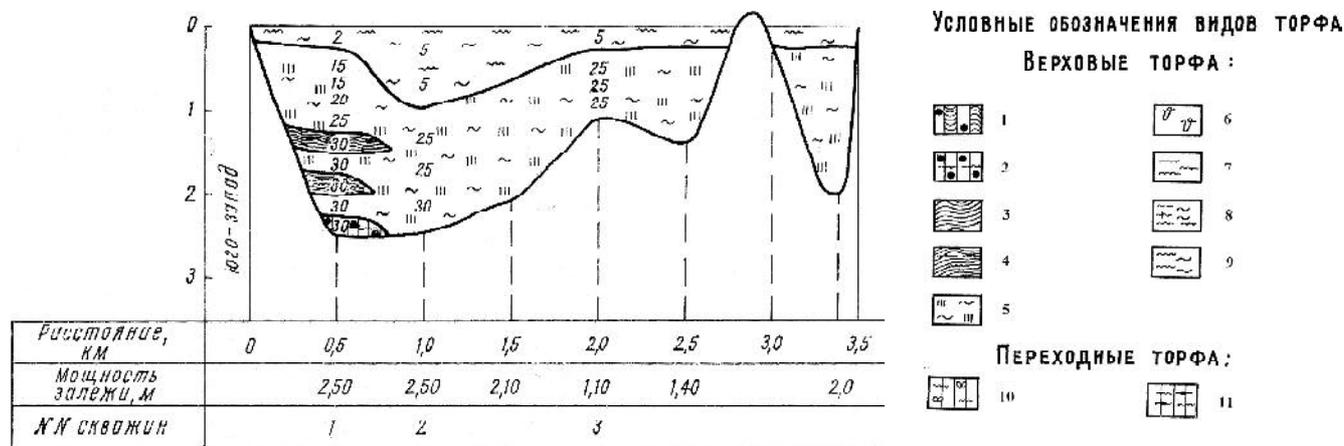


Рис. 2. Стратиграфическое строение болота Мартюшевское. Условные обозначения видов торфа. Верховые: 1. сосново-пушицевый, 2. сосново-сфагновый, 3. пушицевый, 4. пушицево-сфагновый, 5. шейхцериево-сфагновый, 6. ангустифолиум-торф, 7. магелланикум-торф, 8. комплексный, 9. сфагновый мочажинный. Переходные: 10. древесно-травяной, 11. древесно-сфагновый. На рисунке в столбиках указана степень разложения торфа (%).

daphne calyculata, *Eriophorum vaginatum*. В моховом покрове преобладают сфагновые мхи, представляют *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*. Обводненность значительная, местами вода на поверхности.

Восточная часть болота, занимающая более 50 % площади, характеризуется олиготрофным типом. Здесь по всей территории распространен грядово-мочажинный комплекс. Средняя высота сосны 2-3 м, сомкнутость 0.3. Много сухостойных деревьев. На грядах произрастают *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Rubus chamaemorus*, *Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium* (покрытие сфагновых мхов около 100 %), *Polytrichum strictum*. Мочажины покрыты *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera anglica*, *Scheuchzeria palustris*, *Eriophorum vaginatum*, шейхцерия преобладает (40-

60 %). В некоторых мочажинах довольно обильны *Carex limosa* и *Eriophorum russeolum*, в меньшей степени – *Eriophorum vaginatum*. Сфагновые мхи (*Sphagnum jensenii*, *S. balticum*, *S. papillosum*) составляют 100 %. В некоторых топях встречаются *Sphagnum obtusum*, *S. riparium*. Обводненность большая, местами вода находится на поверхности мочажин. Описанные выше растительные сообщества подстилаются различными видами торфяных залежей верхового типа, из которых наиболее распространенной является магелланикум-залежь мощностью 3 м (рис. 3). Встречается также комплексная верховая мощностью 2.00-2.75 м. На болоте Ньюмылга произрастают 49 видов растений, встречаются редкие виды: *Pinus sibirica*, *Rhynchospora alba*.

Болото Сисьель-Нюр площадью 2514 га – клюквенное. Заказник рас-

положен на первой и второй надпойменных террасах р. Печора, в 6 км на северо-восток от пос. Троицко-Печорск. Болото на преобладающей площади олиготрофного типа, на значительном участке – евтрофного. Микрорельеф олиготрофной части болота грядово-мочажинный. Соотношение различных форм микрорельефа разное. Древесный ярус представлен *Pinus sylvestris* средней высотой 2.5-3.5 м и сомкнутостью 0.2. Много сухостойных деревьев. На грядах произрастают *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Rubus chamaemorus*, *Carex pauciflora*, *Drosera rotundifolia*, *Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *Polytrichum strictum* (покрытие мохового покрова 100 %). Некоторые гряды сложены *Sphagnum magellanicum*, *Polytrichum strictum*. Сильно обводненные мочажины покрыты *Oxycoccus palustris*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *Eriophorum vaginatum*, *E. russeolum*, встречается довольно редкий вид *Rhynchospora alba*. Моховой покров образован *Sphagnum balticum*, *S. majus*, *S. jensenii*. В качестве примесей присутствуют печеночные мхи *Gymnocolea inflata* и *Mylia anomala*. Такие участки болота сложены различными видами торфяных залежей верхового типа: магелланикум-, шейхцериево-сфагновой и комплексной верховой, мощности которых изменяются от 2.75 до 4.00 м. На низинных участках ровного микрорельефа древесный ярус представлен *Betula pubescens* средней высотой 4 м и сомкнутостью 0.5. Кустарничково-травяной покров образован *Betula nana*, *Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*, *Menthanthes trifoliata*, *Carex rostrata*, *Comarum palustre*. Сфагновые мхи низинного типа достигают 40 %. Это в основ-

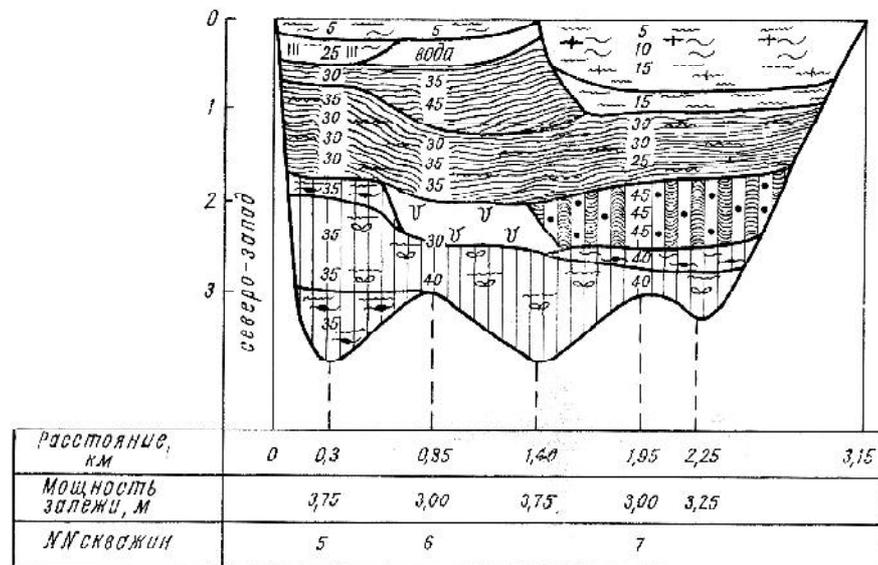


Рис. 3. Стратиграфическое строение болота Ньюмылга. Условные обозначения видов торфа те же, что и на рис. 2.

ном древесно-осоковые сообщества, развивающиеся на древесно-осоковых торфяных залежах мощностью 2.75 м. Максимальная мощность торфяной залежи составляет 6.5 м. На болоте Сисьель-Нюр произрастают 39 видов растений, среди которых встречаются редкие виды: *Pinus sibirica*, *Rhynchospora alba*.

Болото Керес-Нюр (площадь 1034 га) – клюквенное. Заказник находится на правобережной первой надпойменной террасе р. Печора, в 3 км на северо-восток от дер. Скаляп. Болото мезотрофное кустарничково-травяно-сфагновое, облесено по окрайкам *Pinus sylvestris*. Оно сильно обводнено и местами непроходимо. Для преобладающей площади болота характерен грядово-мочажинный комплекс. Древесный ярус здесь представлен угнетенной *Pinus sylvestris* средней высотой 3.5-4.0 м и сомкнутостью 0.4. Много подроста сосны, средняя высота его 0.5-0.7 м, сомкнутость 0.2. На грядах произрастают *Betula nana*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, сфагновые и бриевые мхи: *Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium*, *Polytrichum strictum*, проективное покрытие которых составляет 100 %. В мочажинах распространены *Scheuchzeria palustris*, *Carex rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *Menyanthes trifoliata*. Моховой покров образован *Sphagnum balticum*, *S. jensenii*, *S. fallax*. По направлению к центру высота сосны уменьшается до 1-1.5 м, сомкнутость – до 0.1. Микрорельеф ровный, обводненность увеличивается. Виды растений те же самые, но наиболее обильны вахта и осока бутылчатая. Присутствуют также *Oxycoccus palustris* (15 %) и *Scheuchzeria palustris* (20 %). В сложении мезотрофной части болота принимают участие наиболее распространенная здесь переходная лесо-топяная залежь мощностью 2.25-2.75 м и переходная топяная мощностью 1.5 м. В шейхцеригово-сфагновых топях развита комплексная верховая залежь глубиной 1.2 м. Центральную часть болота, рав-

ную приблизительно 1/3 его площади, занимает растительность олиготрофного типа. Здесь располагаются сосново-сфагновые растительные сообщества. Высота сосны достигает 8-11 м, сомкнутость – 0.4-0.5. Проективное покрытие сфагновых мхов составляет 100 %. Торфяная залежь комплексная верховая мощностью более 2 м. На болоте Керес-Нюр произрастают 35 видов растений. Редкие виды отсутствуют.

Болото Керэс-Нюр (площадь 820 га) – клюквенное. Заказник расположен в бассейне среднего течения р. Печора, на противоположном берегу от дер. Митрофаново. Болото Керэс-Нюр олиготрофное сосново-пушицево-сфагновое. За исключением южной и юго-восточной окраек, болото облесено *Pinus sylvestris*. Много лесных островков. Преобладает грядово-мочажинный микрорельеф. Древесный ярус представлен угнетенной сосной средней высотой 3-3.5 м, сомкнутостью 0.3-0.4. Встречаются сухостойные деревья. Гряды кустарничково-сфагновые. На них произрастают *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Rubus chamaemorus*. Сфагновые мхи представлены *Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum* (покрытие 100 %). Мочажины шейхцеригово-сфагновые и пушицево-сфагновые. В них распространены *Oxycoccus palustris*, *Scheuchzeria palustris*, *Eriophorum vaginatum*. Встречается единично редкий вид *Rhynchospora alba*. Сфагновый покров образован *Sphagnum balticum* (100 %). Соотношение повышенный и пониженный микрорельефа приблизительно одинаково. Обводненность значительная. На окрайках болота обводненность увеличивается, местами вода находится на его поверхности. Микрорельеф здесь также грядово-мочажинный. Площадь пониженный преобладает. Средняя высота сосны уменьшается до 1.5-2.0 м, сомкнутость – до 0.2. Виды растений на грядах и мочажинах те же самые. На

всей своей площади болото сложено шейхцеригово-сфагновой залежью, имеющей мощность 2.0-4.0 м и более. На исследованном болоте произрастают 27 видов растений. Из редких видов встречается *Rhynchospora alba*.

Как известно, клюквенные заказники сохраняются в естественном состоянии для поддержания условий произрастания и воспроизводства клюквы, рационального использования их запасов. Необходимо регулировать сбор ягод местным населением. В клюквенных заказниках бассейна средней Печоры специальных исследований по изучению продуктивности и запасов ягод клюквы по каждому из них в отдельности не проводилось. В Троицко-Печорском районе общая площадь болот составляет 187055 га, из них 28058 га – ягодоносная площадь, биологические запасы клюквы достигают 1263, эксплуатационные – 632 тонн. Все клюквенные заказники имеют хозяйственное и рекреационное значения. Здесь местное население собирает ягоды: клюкву, морошку, голубику. Возможны сборы лекарственных растений (в основном багульника, встречающегося повсеместно, и вахты, которая распространена местами). Болота используются также как охотничьи угодья. Почти во всех болотных заказниках бассейна средней Печоры в пределах Троицко-Печорского района республики встречаются редкие виды растений – кедр сибирский и очеретник белый (отмечены его новые местонахождения).

ЛИТЕРАТУРА

1. Водно-болотные угодья России. Т. 2. Ценные болота. М., 1999. 87 с.
2. Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми / Р.Н. Алексеева, Т.М. Безносова, В.П. Гладков и др. Сыктывкар, 1993. 190 с.
3. Красная книга Республики Коми. Москва-Сыктывкар, 1999. 527 с.
4. Оплеснина (Алексеева) Р.Н. Прогноз всплываемости торфа при затоплении Мартюшевского болота // Изв. Коми фил. ВГО (Сыктывкар), 1965. Вып. 10. С. 110-116.

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Владимиру Валерьевичу Елсакову, Надежде Валерьяновне Торлоповой, Елене Вячеславовне Шамриковой – лауреатам 2007 г. Программы Фонда «Выдающиеся ученые. Лучшие кандидаты и доктора наук РАН» – с присуждением гранта в области естественных и гуманитарных наук по номинации «Кандидаты наук РАН» Благотворительного фонда содействия отечественной науке!

Желаем успехов, успехов, успехов...



ХРОНИКА СТАНОВЛЕНИЯ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОМИ ФИЛИАЛЕ АН СССР

к.б.н. О. Попова

Весна 1957 г. Периферийная наука в стране испытывает большие трудности. Филиалы академии наук под угрозой расформирования. Не лучшие времена переживает наука и в Коми республике. «Положение нашего филиала катастрофическое, и об этом нельзя молчать. Мы очень стеснены. Отделы мешают друг другу. Нам нужны кадры», – неоднократно сетует работающий в филиале геолог, академик В.А. Чернов. Безденежье настолько ощутимо, что некоторые заведующие отделами предлагают отменить выезды научных сотрудников в центральные институты! И вот на таком неблагоприятном фоне Президиум филиала продолжает взятый в марте 1957 г. курс на создание нового направления – радиобиологии. Возможно, что именно тут и видело наше руководство перспективу прорыва, выхода на новые рубежи, новое финансирование. Быть может, стратег Вавилов особо почувствовал тогда, что радиобиология – это именно то, что надо. Осознал, что именно здесь, на Коми земле, сошлись воедино те самые необходимые условия для успешного старта, и нельзя упускать момент. И поэтому предпринимал необходимую перегруппировку сил. Форсировал. Не отступал.

Все же надо было обладать незаурядной смелостью, чтобы отважиться на столь решительный шаг, чтобы буквально на голом месте с «чистого листа» начать разработку столь новой и необычной темы. Представления о том, как это будет, были весьма

смутными. Выделение радиобиологии в самостоятельную научную дисциплину началось лишь совсем недавно, в конце 40-х, и было связано преимущественно с экспериментальными медицинскими исследованиями. Лишь первые радиоактивные загрязнения биосферы Земли, связанные с бомбардировками Хиросимы и Нагасаки и последующими массовыми испытаниями ядерного оружия, обнаружили значимость проблемы воздействия ионизирующих излучений не только для человека, но и для всего живого на нашей планете. Само слово «радиобиология» еще отсутствовало в Большой советской энциклопедии издания 1955 года. Тем более смутными были представления о радиобиологии у рядовых сотрудников Коми филиала, из которых предполагалось выбрать будущих радиобиологов.

Между тем главный инициатор затеянного П.Ф. Рокицкий на скептический вопрос о том, есть ли в филиале условия для организации радиобиологических исследований, отвечал более чем утвердительно: «Да, уже без наличия оборудования мы можем начать изучение экологии животных и растений в районе повышенной радиации». А П.П. Вавилов уточнил: «Кроме специальной подготовки сотрудников (стажировки) и приобретения специальных приборов, ничего для начала не потребуются. Что касается кадров, то в филиале мы их найдем среди работающих специалистов».

И вот уже названы первые имена. Своя рука –

владыка. Петр Фомич предлагает принять участие в первой рекогносцировочной экспедиции на Ухтинский радиевый промысел в июле 1957 г. молодым сотрудникам, работающим в его Отделе животноводства и зоологии, – В.В. Турьевой, Г.М. Ивановой, П.Н. Шубину и В.И. Маслову. От биологов-растениеводов предполагается участие В.А. Космортова и К.А. Моисеева. П.Ф. Рокицкий и П.П. Вавилов назначаются руководителями темы «Изменчивость популяций животных и растений в районах повышенной естественной радиации». Гриф – «Секретно»!



Участники первой радиозоологической экспедиции в пос. Водный. *Стоят* (слева направо): И.О. Богатырев, П.Н. Шубина, П.Ф. Рокицкий, А.А. Передельский, ..., ..., В.В. Турьева, Г.М. Иванова. *Сидят* (слева направо): Белоголов, В.И. Маслов, В.А. Космортов и другие.

Окончание. Начало на задней обложке.

В естественном возобновлении встречается угнетенный подрост ели и сосны. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus* и *V. uliginosum*, обильны *V. vitis-idaea* и *Chamaedaphne calyculata*, редки *Arctostaphylos uva-ursi* и *Andromeda polifolia*. Преобладающими среди трав являются *Carex globularis*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Oxycoccus palustris* и *Rubus chamaemorus*. В сплошном мохово-лишайниковом ярусе абсолютно доминируют виды рода *Sphagnum* (ОПП 65-95 %), пятнами встречаются *Pleurozium schreberi* и виды рода *Polytrichum*, редки *Hylocomium splendens* и виды рода *Dicranum*.

Возрастная структура коренных сосняков зависит от частоты и интенсивности проходящих по конкретной территории лесных пожаров. Среди исследованных среднетаежных коренных сосняков встречаются простые одновозрастные древостои, одновозрастные сосняки с наличием в составе единичных старых сосен, древостой с двумя и тремя поколениями (фото 4). С.Н. Санников определил такую мозаичную ступенчато-возрастную структуру древостоев как результат «импульсной пирогенной стабильности» популяций сосны в условиях циклически пожарного режима среды, свойственного сосновым лесам.

В древостоях коренных среднетаежных сосняков лишайниковых запас древесины варьирует в пределах от 140 до 280 м³/га, полнота — от 0.5 до 0.9, класс бонитета — от III до Va, среднегодовой прирост древесины — от 0.9 до 3.2 м³/га. В сосняках зеленомошных перечисленные параметры составили соответственно 170-370 м³/га, 0.6-1.1, III-V и 0.8-3.0 м³/га; в сфагновых и травяно-сфагновых — 70-280 м³/га, 0.4-0.9, IV-Vб и 0.3-1.5 м³/га соответственно.

Обследование жизненного состояния коренных среднетаежных сосняков Печоро-Ильчского биосферного заповедника показало, что несмотря на отсутствие различных видов антропогенного воздействия на их рост и развитие, они имеют определенную степень естественной поврежденности древосто-



ев, обусловленной воздействием комплекса биологических и природных факторов. Расчет параметров жизненного состояния малонарушенных среднетаежных сосняков позволяет проводить сравнительный анализ степени поврежденности вторичных сосновых лесов и достоверно оценивать уровень техногенного воздействия на экологическую структуру сосняков, произрастающих в зоне воздействия промышленных выбросов.

к.б.н. **Н. Торлопова**

ВЕСТНИК ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ 2007 № 5 (115)

Ответственный за выпуск **С.В. Загирова**
Редактор **И.В. Рапова**
Компьютерный дизайн и стилистика **Р.А. Микушев**
Компьютерное макетирование и корректура **Е.А. Волкова**

Лицензия № 19-32 от 26.11.96 КР № 0033 от 03.03.97

Информационно-издательская группа Института биологии Коми НЦ УрО РАН
Адрес редакции: г. Сыктывкар, ГСП-2, 167982, ул. Коммунистическая, д. 28
Тел.: (8212) 24-11-19; факс: (8212) 24-01-63
E-mail: directorat@ib.komisc.ru

Компьютерный набор.
Подписано в печать 25.05.2007. Тираж 220. Заказ № 14(07).

Распространяется бесплатно.